



Joana Ferreirinha Rodrigues Lopes

Licenciada em Ciências de Engenharia Civil

**Interoperabilidade entre objetos BIM e a aplicação ProNIC na
especialidade de Instalações Prediais**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Civil – Perfil de Construção

Orientador: Doutora Maria João Silva Falcão, Laboratório Nacional de Engenharia
Civil

Coorientador: Professor Doutor Fernando Farinha da Silva Pinho, Faculdade de
Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa

Júri:

Presidente: Prof. Doutor Carlos Manuel Chastre Rodrigues – FCT - UNL

Arguente: Prof. Doutor António Aguiar Costa – IST

Vogal: Prof. Doutor Fernando Farinha da Silva Pinho – FCT-UNL



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Junho 2017

Interoperabilidade entre objetos BIM e a aplicação PRONIC na especialidade de Instalações Prediais

Copyright © Joana Ferreirinha Rodrigues Lopes, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Aos meus pais e irmã.

Agradecimentos

Esta seria, à partida, a parte mais fácil de realizar num trabalho desta natureza e dimensão, mas a verdade é que não é. Ao escrever nestas linhas sinto uma mistura de emoções e alguma nostalgia de ter chegado ao fim.

Em primeiro lugar agradeço, do fundo coração, aos meus pais, João Pedro e Matilde, que estiveram sempre ao meu lado e que tornaram todo o meu percurso até aqui possível. Os valores e os princípios que me incutiram são de louvar. À minha irmã, Carlota, pelo seu apoio e pelas suas críticas sempre construtivas.

À minha orientadora, Doutora Maria João Silva Falcão, um enorme obrigado pela excelência na sua orientação, por ter tornado a realização deste trabalho possível e me ter proporcionado a possibilidade de estagiar no Laboratório Nacional de Engenharia Civil, onde tive todas as condições e apoio para a realização desta dissertação. Agradeço a sua inegável disponibilidade, apoio e interesse que demonstrou para que este trabalho fosse bem desenvolvido. Sempre soube acreditar, “provocar” e ajudar, principalmente nas alturas em eu estava mais pedida.

Ao meu coorientador e Professor, Fernando Farinha da Silva Pinho, agradeço a sua grande objetividade e pragmatismo que permitiram navegar no rumo certo. Muito obrigado pela confiança e amizade que me ofereceu ao longo deste trabalho.

Um especial obrigado à Doutora Paula Couto por toda a dedicação, amizade e pelas suas valiosas sugestões que enriqueceram este trabalho bem como meu conhecimento.

Agradeço ao Laboratório Nacional de Engenharia Civil, pelas oportunidades de formação complementar que me proporcionaram, e aos seus funcionários, pela simpatia e receptividade.

Não posso deixar de agradecer à Sonae Sierra, pela oportunidade que proporcionou de poder realizar o caso de estudo bem como todos os trabalhos que permitiram que desenvolvesse paralelamente que contribuíram para a minha experiência. Um especial obrigado ao Eng. Bruno Amorim Pacheco, que tem sido incansável no apoio à realização do caso de estudo.

Agradeço aos meus amigos da faculdade, Bernardo, Dudas, Fernando, Henrique, Ju, Lorena, Nicole, pelos momentos dentro e fora da faculdade e também à Maria, à Lina, à Raquel, à Rita, ao Pedro, à Teresa pela grande amizade desde sempre. Um grande obrigado ao Rodrigo que foi incansável. Obrigada também ao Tomás pela motivação e pela companhia e apoio durante o desenvolvimento do caso prático. Agradeço também a todos os outros amigos que não citei, mas que são igualmente importantes.

Um especial obrigado ao Fábio, pela gigante paciência, pelo carinho e por ter sempre acreditado em mim e me incentivado.

Resumo

O setor de Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO) tem um papel fundamental e determinante no conjunto das atividades mais relevantes nas economias modernas. Sendo um setor fundamental na economia nacional é imperativo estabelecer metas para o seu desenvolvimento e modernização.

A implementação de novas ferramentas tecnológicas, orientadas para uma melhor estruturação e coordenação nas diferentes especialidades contribui para que este setor se torne ainda mais competitivo e eficaz.

Neste contexto, surgem como ferramentas tecnológicas evoluídas o *Building Information Modelling* (BIM) e o Protocolo para a Normalização da Informação Técnica da Construção (ProNIC). O primeiro tira proveito de uma modelação parametrizada de objetos, onde os elementos construtivos são organizados de forma a reproduzir os objetos reais num ambiente virtual e manipulável e o segundo possui como funcionalidade a produção de forma automática de todo o conteúdo técnico necessário na elaboração de projetos, de forma padronizada.

Após revisão bibliográfica e análise documental, a presente dissertação analisa um caso de estudo que possibilita avaliar de forma prática a informação contida no BIM e no ProNIC, interpretar o seu significado, perceber como se interseta e como está organizada. Posteriormente é estruturada uma proposta de metodologia que permita a interligação dos conceitos e que seja capaz de gerar, de uma forma simples e normalizada, toda a informação escrita e desenhada necessária à execução de um empreendimento e de acordo com a legislação nacional.

Palavras-chave: *BIM*, ProNIC, Interoperabilidade, Setor AECO, Instalações Prediais

Abstract

The sector of Architecture, Engineer, Construction and Operation (AECO) has a fundamental and determinant role within the various activities more relevant within the modern economies. Being a fundamental sector in the national economy, it is imperative to establish goals for its development and modernization.

The implementation of new technological tools, with the orientation of a better structure and coordination within the different specialties contributes to this sector, allowing it to become more competitive and efficient.

In this specific context, advanced technological tools such as BIM and ProNIC begin to arise. BIM takes advantage of a parameterized modeling of objects, where the constructed elements, are organized in such a way to propagate real objects within a virtual and manipulative environment. The second aspect, the ProNIC, possesses as a functionality a certain production of an automatic manner of all technical content necessary in the elaboration of projects, in a standardized form.

Upon a bibliographical review and documental analysis, the present dissertation analyzes a case study that gives a possibility to evaluate in a practical form the information that is contained within the BIM and ProNIC, interpret their meaning, understand how they intersect and how they are organized. Posteriorly, an offer of methodology is structured, which allows an interconnection between concepts, and with so it is capable to generate in a simple and normalized way, all the written and drawn information necessary for the execution of a development and also an agreement with the national legislation.

Keywords: Building Information Modelling, ProNIC, Interoperability, Construction Industry, MEP

Índice

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Considerações iniciais.....	1
1.2 Âmbito, Objetivos e Metodologias.....	5
1.3 Estrutura da dissertação	6
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	9
2.1 Considerações iniciais.....	9
2.2 Caracterização do Setor	10
2.3 Comunicação e colaboração nos processos do setor de Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO)	11
2.4 BIM	13
2.5 ProNIC.....	29
2.6 Interoperabilidade.....	37
3. CASO DE ESTUDO	39
MODELAÇÃO BIM E APLICAÇÃO PRONIC A UMA SUPERFÍCIE COMERCIAL.....	39
3.1 Considerações iniciais.....	39
3.2 Descrição do Caso de Estudo.....	40
3.3 Modelação em BIM	41
3.4 Modelação em ProNIC	54
3.4.1 <i>Tubagem de Aço Galvanizado</i>	57
3.4.2 <i>Dispositivos</i>	60
3.4.3 <i>Instalações Complementares</i>	62
3.4.4 <i>Acessórios</i>	64
4. PROPOSTA DE METODOLOGIA DE LIGAÇÃO	69
4.1 Considerações iniciais.....	69
4.2 Industry Foundation Classes – IFC.....	69
4.3 Proposta de ligação entre BIM e ProNIC	73
4.3.1 <i>Tubagem – Aço Galvanizado</i>	74
4.3.2 <i>Dispositivos - Sprinkler</i>	75
4.3.3 <i>Instalações Complementares – Bomba</i>	76
4.3.4 <i>Acessórios - Válvulas</i>	78

5. CONCLUSÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS	83
5.1 Conclusões.....	83
5.2 Limitações do Estudo	84
5.3 Desenvolvimentos futuros	84
6. REFERÊNCIAS	87
ANEXO I - COMUNICAÇÃO AO 7TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON MECHANICS AND MATERIALS IN DESIGN	97
ANEXO II - FICHA DE EXECUÇÃO DE TRABALHOS (FET) - TUBAGENS	99
ANEXO III - FICHA DE MATERIAIS (FMAT) - VÁLVULAS	111

Índice de Figuras

Figura 1.1 - Adoção de tecnologias da informação (adaptado de Giollo 2016).....	4
Figura 1.2 - Metodologia de trabalho aplicada.....	6
Figura 2.1 - Fluxo de trabalho tradicional (adaptado de Green Architecture 2010).....	11
Figura 2.2 - Perda de valor da informação entre as fases do processo construtivo (adaptado de Poças Marins 2009)	12
Figura 2.3 - Processo colaborativo do BIM (Pimenta 2015)	14
Figura 2.4 - Curva de MacLeamy (SóRevit 2013).....	16
Figura 2.5 - Fluxo de trabalho BIM (adaptado de Green Architecture 2010).....	17
Figura 2.6 - Processo colaborativo BIM (Faisaluddin 2015)	18
Figura 2.7 - Práticas do BIM (adaptado de Lino 2015)	19
Figura 2.8 - Instalações do sistema MEP (adaptado de Pimenta 2015).....	20
Figura 2.9 - Dimensões do BIM (adaptado de MakeBIM 2017).....	22
Figura 2.10 - Definição de LOD (CT197-BIM 2016).....	23
Figura 2.11 - Viga representada por diferentes LOD's (adaptado de BIMForum 2013).....	24
Figura 2.12 - Níveis de desenvolvimento ao longo das fases de projeto (adaptado de Pimentel Antunes 2013)	25
Figura 2.13 - Modelo de Maturidade (adaptado de BIS-BIM 2011)	26
Figura 2.14 - Implementação do BIM nos principais países (Salvado et al. 2016).....	27
Figura 2.15 - Estrutura de desagregação hierárquica em árvore do ProNIC (adaptado de Consórcio ProNIC 2015)	32
Figura 2.16 - Exemplo de atribuição de UC a um edifício administrativo (adaptado de CentroHabitat 2011; Giollo 2016).....	33
Figura 2.17 - Organização da informação por blocos	33
Figura 2.18 - Estrutura de Capítulos do ProNIC	34
Figura 2.19 - Especialidades de projeto contidas no ProNIC (Couto et al. 2011)	35
Figura 2.20 - Participação dos Intervenientes nas diferentes fases de um empreendimento (adaptado de IMPIC 2015)	36
Figura 2.21 - Fichas de Execução de Trabalhos (FET) e Fichas de Materiais (FMAT)	37

Figura 3.1 - Edifício em estudo – Centro Comercial Colombo.....	40
Figura 3.2 - Funcionalidades no Revit	42
Figura 3.3 - Grelha comum às especialidades.....	43
Figura 3.4 - Níveis correspondentes às cotas dos pisos	43
Figura 3.5 - Planta CAD e áreas e zona intervencionada.....	44
Figura 3.6 - Divisão dos projetos.....	45
Figura 3.7 - Ligação de um pilar.....	45
Figura 3.8 - Modelo Estrutural.....	46
Figura 3.9 - Modelo de Arquitetura.....	46
Figura 3.10 - Rede de Incêndio dos pisos -3, -2 e -1	47
Figura 3.11 - Modelo Final	48
Figura 3.12 - Detecção de erros	49
Figura 3.13 - Quantidade de erros apresentados	50
Figura 3.14 - Visualização do erro detetado	50
Figura 3.15 - Vista geral do parque de estacionamento: (A) Real; (B) Modelo	51
Figura 3.16 - Tubagem: (A) Real; (B) Modelo.....	52
Figura 3.17 - Pormenor estacionamento: (A) Real; (B) Modelo.....	52
Figura 3.18 - Pormenor setas de direção: (A) Real; (B) Modelo.....	52
Figura 3.19 - Pormenor do Extintor e do Carretel: (A) Real; (B) Modelo	53
Figura 3.20 - Pormenor das Linhas de Direção e pilar: (A) Real; (B) Modelo	53
Figura 3.21 - Manómetros: (A) Real; (B) Modelo.....	53
Figura 3.22 - Parâmetros a definir para a Nova Obra.....	54
Figura 3.23 - Especialidades das Unidades de Construção	55
Figura 3.24 - Tipos de visualização	55
Figura 3.25 - Capítulo referente às instalações e equipamentos de águas	56
Figura 3.26 - Subcapítulo referente às tubagens.....	57
Figura 3.27 - Artigo com \$ por preencher	57
Figura 3.28 – Exemplo de artigo gerado após preenchimento dos \$'s, incluindo os subartigos	59
Figura 3.29 - Articulado em WBS.....	60

Figura 3.30 - Subcapítulo dos dispositivos	60
Figura 3.31 – Artigo com \$'s por preencher	60
Figura 3.32 - Artigo gerado após definição dos \$'s pelo utilizador	61
Figura 3.33 - Articulado em WBS.....	62
Figura 3.34 - Subcapítulo das Instalações complementares	62
Figura 3.35 - Campos (\$) a preencher pelo utilizador para gerar artigo.....	62
Figura 3.36 - Artigo gerado após definição dos \$ pelo utilizador	63
Figura 3.37 - Articulado em WBS referente às Instalações Complementares	64
Figura 3.38 - Subcapítulo referente aos acessórios	64
Figura 3.39 - Artigo com campos a serem definidos pelo utilizador	64
Figura 3.40 - Artigo gerado após introdução dos dados pelo utilizador.....	66
Figura 3.41 - Articulado em WBS.....	66
Figura 4.1 - Camadas de domínio IFC 4 (ISO 16739 2013)	71
Figura 4.2 - Desenvolvimento do IFC (adaptado de Technical Vision 2016)	73
Figura 4.3 - Proposta de Metodologia	80
Figura 4.4 - Informação BIM e ProNIC de uma Tubagem	81

Índice de Tabelas

Tabela 1.1 - Peso do Setor da Construção na Economia.....	2
Tabela 1.2 - Número de Trabalhadores no Setor da Construção.....	2
Tabela 1.3 - Output da Construção (taxa de crescimento real (%))	3
Tabela 3.1 - Campos dos \$'s do artigo de tubagens do ProNIC	58
Tabela 3.2 - Campo do \$ do sub-artigo do artigo de tubagens do ProNIC	59
Tabela 3.3 - Caraterísticas dos Sprinklers	61
Tabela 3.4 - Caraterísticas dos Acessórios	65
Tabela 3.5 - Subartigo	65
Tabela 4.1 - Tubagens de Aço Galvanizado.....	74
Tabela 4.2 - Instalação de Sprinkler na Tubagem de Incêndio	75
Tabela 4.3 - Instalação de Bomba na Tubagem de Incêndio	76
Tabela 4.5 - Instalação de Válvula na Tubagem de Incêndio.....	78

Lista de Siglas e Acrónimos

2D – 2 Dimensões

3D – 3 Dimensões

4D – Acréscimo da variável tempo

5D – Acréscimo da variável custo

6D – Sustentabilidade

7D – Gestão e Manutenção

8D – Segurança e Prevenção de Acidentes

AECO – Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação

AIA – *American Institute of Architects*

BCA – *Building and Construction Authority*

BDS – *Building Description System*

BIM – *Building Information Modelling*

CAD – *Computer Aided Design*

CCP – Código dos Contratos Públicos

CE – Caderno de Encargos

CIC-NET – Rede de Cooperação Estratégica entre Empresas do Processo de Construção

CT - Comissão Técnica

EUA – Estados Unidos da América

FCT – Faculdade de Ciências e Tecnologia

FEPICOP – Federação Portuguesa da Indústria da Construção e Obras Públicas

FET – Fichas de Execução de Trabalhos

FM – Facility Management

FMAT – Fichas de Materiais

FSR – *Framkvæmdarsýslu Ríkisins*

GCCG – *Government Construction Client Group*

GDP – *Gross Domestic Product*

GSA – *General Services Administration*

HKIBIM – *Hong Kong Institute of Building Information Modeling*

IAI – *International Alliance for Interoperability*

IBIMA – *Iran Building Information Modeling Association*

IC-FEUP – Instituto da Construção da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

IFC – *Industry Foundation Classes*

IMPIC – Instituto dos Mercados Públicos, do Imobiliário e da Construção

INE – Instituto Nacional de Estatística

INESC-Porto – Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores do Porto

ISO - *International Standard Organization*

ITIC – Instituto Técnico para a Indústria da Construção

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

LOD – *Level of Development*

M2D2017 - *Mechanics and Materials in Design 2017*

MIEC – Mestrado Integrado em Engenharia Civil

MQT – Mapa de Quantidade de Trabalhos

NCI – Instituto da Construção e do Imobiliário

PIB – Produto Interno Bruto

ProNIC – Protocolo para a Normalização da Informação Técnica na Construção

STEP - *Standard for Exchange of Product Model Data*

TIC – Tecnologias da Informação e Comunicação

UNL – Universidade Nova de Lisboa

VDC - *Virtual Design and Construction*

WBS – *Work Breakdown Structure*

Capítulo 1

Introdução

1.1 Considerações iniciais

O setor da construção tem um papel importante na economia nacional e apresenta um conjunto de particularidades distintas de outros setores de atividade. A caracterização da economia portuguesa, nomeadamente no que ao setor da construção diz respeito, é fundamental para conhecer o que pode ser feito de forma a contribuir para melhorar os respetivos indicadores económicos.

Neste capítulo será desenvolvida uma breve análise da economia de Portugal, onde serão apresentados os principais indicadores que a caracterizam, nomeadamente na área da construção civil.

Segundo o Instituto Nacional de Estatística (INE) e a Federação Portuguesa da Indústria da Construção e Obras Públicas (FEPICOP), a partir de 2001, a economia portuguesa sofreu uma crise que teve grandes consequências em todos os setores principalmente no setor da construção. A crise apresenta uma relação direta com a economia que tem influência no Produto Interno Bruto (PIB) e na criação de emprego (FEPICOP 2016; INCI 2015).

Como apresentado na Tabela 1.1, desde o ano 2000 que a percentagem de emprego tem apresentado um decréscimo muito significativo, o que reflete a crise que o setor tem enfrentado. Como se pode constatar a participação do setor da construção no PIB tem sido cada vez menor. A relação é direta, menos investimento na construção e menos emprego origina decréscimo na participação do setor no PIB (FEPICOP 2016).

Tabela 1.1 - Peso do Setor da Construção na Economia

Ano	No emprego (%)	Produto Interno Bruto (%)
2000	11,9	6,7
2005	10,8	6,0
2010	9,7	5,1
2015	6,1	4,0

O número de trabalhadores do setor da construção, apresentado na Tabela 1.2, ilustra a perda significativa de emprego que o setor tem registado. O período de 2010 a 2015 regista valores recordes de perda de trabalhadores. Durante este período e atendendo às adversidades sentidas no setor da construção foi possível registar a perda de 320.000 empregos. Esta variação foi consequência da crise que se fez sentir, obrigando à redução do número de trabalhadores. O desinvestimento nesta área levou a quebras de produtividade e à redução direta de postos de trabalho. Apesar de já em 2015 se notar alguma recuperação ela fica muito aquém do registado no setor no início dos anos 2000 o que significa que nem todos os indicadores são negativos (INCI 2015).

Tabela 1.2 - Número de Trabalhadores no Setor da Construção

Ano	Média anual (milhares)	Variação Homóloga (milhares)	Variação Homóloga (%)
2000	596,4	-	-
2005	554,1	6,0	1,1
2010	482,5	-23,1	-4,6
2015	277,5	1,7	0,6

Portugal foi um dos países mais afetados com a recessão dos últimos anos no setor da construção, sendo esta realidade demonstrada pelos dados da *Euroconstruct*, uma Rede Europeia de 19 Institutos, vocacionados para a análise do setor da Construção, criada em 1975, de que fazem parte os seguintes países: Áustria, Bélgica, Dinamarca, Finlândia, França, Alemanha, Irlanda, Itália, Holanda, Noruega, Portugal, Espanha, Suécia, Suíça, Reino Unido, República Checa, Hungria, Polónia e República Eslovaca. Portugal é representado na *Euroconstruct* através do Instituto Técnico para a Indústria da Construção (ITIC) (INCI 2015).

As taxas de crescimento em Portugal do setor da construção foram negativas de 2008 a 2014 e com valores relativamente mais altos face à média dos 19 países que compõem o índice, como

demonstra a Tabela 1.3. No entanto, face aos últimos anos, 2015 e 2016, as previsões apontam para valores mais positivos, na ordem dos 2,5% e 3,6% respetivamente.

Tabela 1.3 - Output da Construção (taxa de crescimento real (%))

País	2008	2009	2010	2011	2012(e)	2013(e)	2014(e)	2015(p)	2016(p)
Portugal	-4,8	-9,8	-6,2	-10	-15,5	-14,5	-1,0	2,5	3,6
Países do <i>Euroconstruct</i>	-3,7	-8,9	-3,3	0,3	-5,4	-2,7	1,0	2,1	2,2

Notas: (e) - estimado; (p) – previsto

Portugal, tem sofrido fortes pressões e enfrentou uma crise sem precedentes, tendo registado os piores valores no setor quando comparado com a média dos países do índice *Euroconstruct* nos últimos 8 anos.

Numa primeira fase, entre o ano de 2008 e o ano de 2011, o mercado da construção caiu cerca de 15%, nomeadamente no mercado residencial, não residencial e engenharia civil. Em 2011 assiste-se a uma paralisação no crescimento voltando a cair de forma inesperada no ano de 2012 até ao ano de 2013, com uma redução de 7% (INCI 2015). As causas destas alterações prendem-se pela imposição e medidas restritivas ao investimento público por parte dos governos dos países, pelo maior endividamento dos contribuintes, acompanhado de uma taxa de desemprego elevada e pela falta de liquidez das entidades bancárias.

Segundo os registos mais atuais, nota-se uma dinâmica mais positiva, com um crescimento homólogo de 3,7% no número de trabalhadores da construção, ou seja mais de 10 mil trabalhadores, em média (FEPICOP 2016).

O setor da construção compreende muitas atividades paralelas e muitos recursos, desde as matérias-primas, mão-de-obra e equipamento a que recorre, o que o torna bastante representativo na criação de novos empregos, contribuindo com a sua dinâmica de uma forma direta e muito relevante para a variação do PIB. Este setor tem uma grande influência na realidade económica dos mercados (Marques Brás 2012).

De acordo com o relatório da FEPICOP confirmou-se uma quebra na produção em 2016, tendo o ano de 2015 sido considerado o nono ano consecutivo em que o setor da construção não apresentou qualquer crescimento. Estimou-se para o ano de 2016 que a produção iria ser inferior a 45% da produção que se registou em 2001, ano em que os valores obtidos foram os mais elevados.

À semelhança do que acontece em outros países, a construção continua a ter uma importância significativa para a economia nacional fornecendo as infraestruturas públicas e privadas necessárias para a maioria das atividades comerciais e de serviços. A importância deste setor não passa apenas pelo seu produto final, mas também, pela oportunidade que oferece na criação de novos empregos para a população contribuindo assim para a evolução da economia do país. A economia está em expansão se o setor estiver numa fase positiva, por outro lado, se o setor estiver numa fase negativa a economia está em recessão (Romão 2015).

As tecnologias de informação são consideradas um indicador de desenvolvimento tecnológico de um setor. Apesar da evolução já ser sentida nos últimos anos, é preciso ter em conta que o setor da construção se encontra debilitado como é possível observar na Figura 1.1. que evidencia a última posição deste setor face aos restantes. Qualquer país que invista na evolução tecnológica avança de forma positiva tornando-o mais competitivo, levando a um aumento de produtividade e consequentemente do PIB, bem como a empregabilidade dentro do próprio setor.

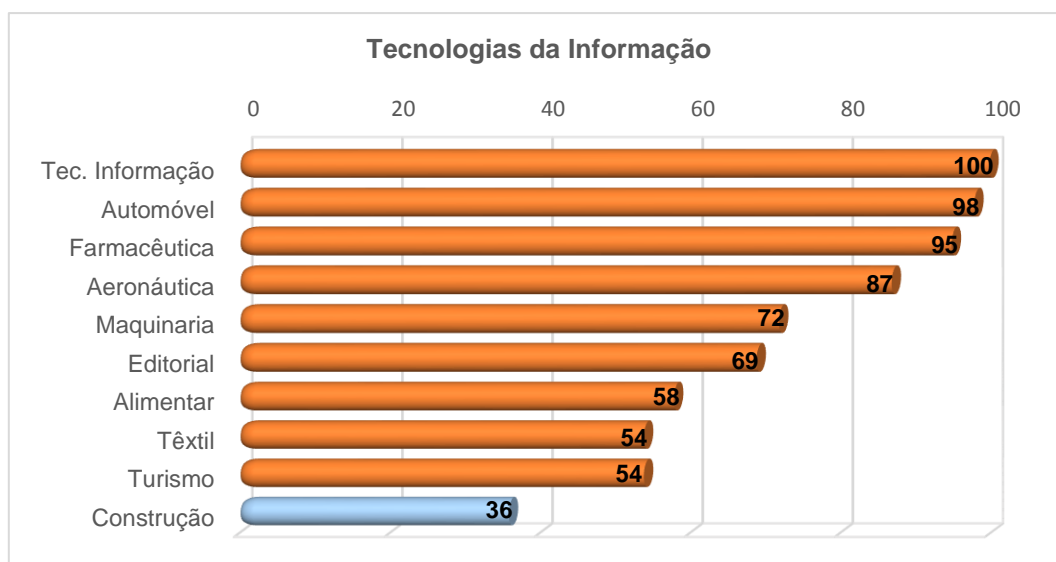


Figura 1.1 - Adoção de tecnologias da informação (adaptado de Giollo 2016)

Uma economia menos débil e mais bem preparada, com um investimento maior, permite ao setor da construção ser mais expansionista gerando mais emprego e contribuindo de forma positiva para a economia, tornando-a mais robusta e fazendo crescer o PIB. Com a utilização de novas técnicas e novos processos, com suportes informáticos mais desenvolvidos e interligados, o setor da construção civil estará melhor preparado para enfrentar as adversidades que se lhe deparam acompanhando os setores mais desenvolvidos da economia nacional (Flores & Escola 2009) .

1.2 Âmbito, Objetivos e Metodologias

A presente dissertação insere-se no ramo de especialização de Construção, do Mestrado Integrado de Engenharia Civil (MIEC), da Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT) da Universidade Nova de Lisboa (UNL) e tem como objetivo desenvolver uma metodologia que permita a interoperabilidade entre os modelos *Building Information Modelling* (BIM) e a aplicação do Protocolo para a Normalização da Informação Técnica na Construção (ProNIC).

O BIM e o ProNIC são ferramentas tecnológicas da informação que integram o setor da Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO) e que apresentam o potencial necessário para que existam vantagens na sua utilização e que possibilitem, quando utilizados em simultâneo, obter resultados que combinados resultam em;

- I. Redução de erros;
- II. Melhoria da qualidade;
- III. Economia de tempo;
- IV. Compatibilidade do produto final.

Pretende-se ainda avaliar a ligação, entre estas duas formas de representar a informação da construção, para que seja possível identificar vantagens e limitações de modo a que o setor AECO apresente uma evolução cada vez mais significativa.

Esta dissertação tem como base um caso de estudo prático, na especialidade de instalações prediais, que permitirá avaliar eventuais problemas que possam existir na mesma. Desta forma será possível definir com maior rigor recomendações relativamente a procedimentos e boas práticas, potenciando um índice mais elevado de eficiências na indústria da construção.

Os estudos contidos nesta dissertação serviram de base a uma publicação de uma comunicação científica publicada nas atas no *7th International Conference on Mechanics and Materials in Design* (M2D2017) em Albufeira, Portugal e apresentada oralmente com o título “*Interoperability between BIM objects and the PRONIC application in the specialty of building facilities - the portuguese reality*” inserido no simpósio nº5 na área de Economia, Gestão e Tecnologia na Construção. O resumo da referida comunicação está apresentado no Anexo I.

Para alcançar os objetivos referidos anteriormente, o trabalho realizado compreendeu nas seguintes etapas:

- I. **Definição do campo de estudo em análise:** pelo tema de investigação proposto ser uma temática de grande abrangência e complexidade, foi definido um foco de análise para o estudo;
- II. **Pesquisa bibliográfica:** de acordo com o campo de análise definido, a pesquisa teve como principal enfoque a conjuntura atual observada no setor AECO, as metodologias BIM, o paradigma da orientação para o objeto, a aplicação ProNIC e suas propriedades;

- III. **Revisão e análise da literatura:** com o objetivo de adquirir e aprofundar conhecimento sobre a temática objeto do estudo, possibilitando a fundamentação do trabalho desenvolvido foi realizada uma análise e síntese da metodologia BIM e da aplicação ProNIC;
- IV. **Caso de Estudo:** desenvolvimento de uma componente prática para a definição da metodologia proposta;
- V. **Proposta de metodologia:** constitui o produto final da presente dissertação. Como tal, pretende-se que a metodologia proposta, contribua para avaliar a interoperabilidade entre o BIM e o ProNIC.

Na Figura 1.2 esquematiza-se a metodologia aplicada na elaboração do presente trabalho.

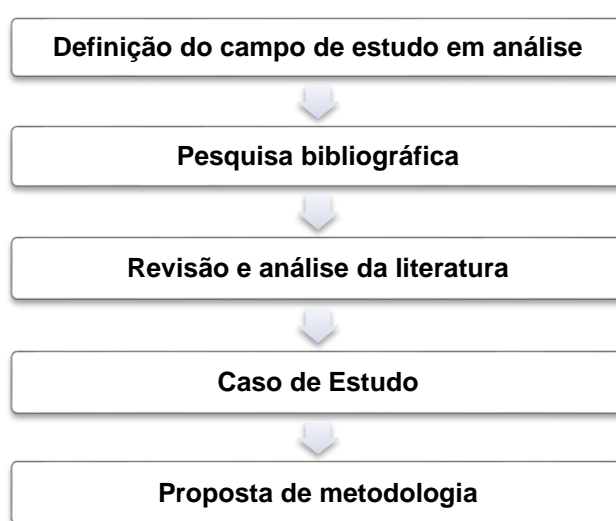


Figura 1.2 - Metodologia de trabalho aplicada

1.3 Estrutura da dissertação

O presente documento está dividido em cinco capítulos, organizados da seguinte forma:

No **Capítulo 1** é realizada uma breve introdução que visa sensibilizar o leitor da importância económica e social do setor AECO, tanto na economia nacional como na internacional. Neste capítulo definem-se metodologias de trabalhos face ao objetivo proposto.

No **Capítulo 2** é apresentado um enquadramento teórico sobre o contexto atual do setor AECO português e as suas lacunas, de forma a introduzir justificadamente as tecnologias em estudo, o BIM e o ProNIC, como resposta às fragilidades do setor. É ainda definido o conceito de interoperabilidade que será abordado no presente estudo.

No **Capítulo 3** encontra-se definido o caso de estudo de uma superfície comercial. Inicialmente caracteriza-se a infraestrutura em estudo, seguida de uma descrição exaustiva de como foi desenvolvida a modelação e posteriormente são apresentados os resultados da modelação em BIM. São apresentados também os resultados da modelação em ProNIC e o seu desenvolvimento. Estes resultados vão permitir criar a metodologia a que a presente dissertação se propõe.

No **Capítulo 4**, encontra-se descrito o formato de transmissão e receção de dados adotado para a metodologia proposta. Serão apresentadas tabelas com as propriedades dos elementos definidos, tanto no *software* BIM como na aplicação ProNIC. Por fim, com base nas tabelas apresentadas, será elaborada uma proposta de metodologia de interoperabilidade entre estas tecnologias.

No **Capítulo 5** serão apresentadas as conclusões sobre o trabalho desenvolvido, bem como os possíveis desenvolvimentos futuros com vista ao melhoramento e desenvolvimento deste tema.

Capítulo 2

Revisão da Literatura

2.1 Considerações iniciais

Numa economia relativamente pequena e com crescimentos reduzidos nos últimos anos, com períodos de investimentos reduzidos a construção foi diretamente afetada. Para fazer face às questões recessivas o setor vê-se obrigado a reformular todos os processos envolvidos de forma a aumentar a sua produtividade. É necessário evoluir e acompanhar todas as inovações tecnológicas que o mercado apresenta. Aliar estas duas vertentes é fundamental para desenvolver técnicas mais adequadas e aumentar a produtividade (Centro de Estudos Sociais da Univ. de Coimbra 2013).

Este sector tem associado a si uma grande complexidade, quer a nível dos projetos a desenvolver nas várias especialidades quer de meios humanos envolvidos. Minimizar a complexidade, tornando o processo mais rápido, mais produtivo com menos custo e menor risco é um grande desafio. Uma forma de o fazer é aplicar, de forma adequada, as novas ferramentas que potenciem a melhor execução e interligação de todos os projetos da construção aliado à rapidez e a menores custos, gerando melhores resultados na sua execução (Marques Brás 2012).

O BIM, aliado à utilização do ProNIC, nos projetos das diversas especialidades, nas várias fases da obra, pode ser uma solução adequada para responder a este desafio. O presente capítulo tem como objetivo definir, através de uma pesquisa bibliográfica e de uma análise crítica, os conceitos, as funcionalidades e os conteúdos relevantes à elaboração da presente dissertação, nomeadamente o BIM e o ProNIC.

2.2 Caracterização do Setor

O setor da construção apresenta um conjunto de características que o distinguem dos restantes setores de atividade (Romão 2015):

- I. O produto final é sempre executado por diferentes equipas e em diferentes locais;
- II. Na maioria das situações os intervenientes procuram realizar a obra minimizando os custos iniciais;
- III. Os projetos são muitas vezes realizados de forma menos eficiente, não por não existirem soluções técnicas, mas sim por falta de conhecimento destas;
- IV. Com o número elevado de intervenientes no processo de construção de um empreendimento, com diversas especialidades, diferentes graus de instrução dos envolvidos, torna-se necessário desenvolver um planeamento detalhado, com atribuição de tarefas específicas a cada elemento da equipa, mitigando assim as falhas de comunicação que acontecem recorrentemente neste setor.

Apesar de existirem inovações tecnológicas no setor AECO estas nem sempre são adotadas e ainda existem algumas questões que necessitam de resposta adequada para que o setor funcione com a máxima eficiência e em tempo útil e de forma a acompanhar a evolução dos restantes setores (Autodesk 2017).

Face aos diversos problemas associados a todo o processo de desenvolvimento e evolução de uma construção, a existência de eventuais incompatibilidades entre as diversas especialidades, pode causar dificuldades, em muitas circunstâncias difíceis de ultrapassar. Os principais problemas prendem-se com desperdícios de materiais, incoerências e discrepâncias entre documentos e outros erros associados, que originam na maioria dos casos um aumento do custo e tempo de execução da obra (Marques Brás 2012).

Atualmente existem diversas aplicações, *softwares* ou programas que auxiliam o desenvolvimento de todas as etapas necessárias à execução de um empreendimento mas não são ainda capazes de resolver todos os problemas que possam resultar da execução de uma obra (Santos *et al.* 2014).

À semelhança do que já acontece em diversos países, é possível considerar a utilização do BIM para dar respostas a estas questões. O BIM permite uma modelação por objetos, ou seja, a forma como um ou mais objetos se relacionam entre si e com o seu meio envolvente, permitindo que essa modelação seja feita através de relações paramétricas, com recurso a bibliotecas pré-definida, onde o utilizador apenas tem que introduzir os parâmetros, e englobando várias especialidades como a arquitetura, as estruturas e as instalações, compatibilizando projetos e identificando conflitos que possam surgir, com a vantagem de poder ser utilizado do início ao fim de uma obra ou seja desde a fase de conceção à fase de utilização (Gomes Batista 2015).

As vantagens do BIM são muito significativas quando comparadas com métodos tradicionais, como a utilização do AutoCAD por exemplo, que apenas permite representar graficamente o projeto (Saepro 2015).

2.3 Comunicação e colaboração nos processos do setor de Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO)

Nas últimas décadas tem sido notória a crescente evolução nas áreas política, social, económica, ambiental e tecnológica. O mesmo não acontece com o setor da construção, pois a indústria AECO ainda depende, em grande parte, de documentos em papel, dificultando por exemplo a comunicação entre os intervenientes no processo construtivo e originando, por isso, a fragmentação de informação (Sá 2014).

Torna-se claro o nível de complexidade presente no processo de trocas de informação tornando-o confuso e proporcionando erros como demonstrado na Figura 2.1 num exemplo de um projeto de arquitetura e de um projeto estrutural onde é fundamental existir uma coordenação precisa e coerente por forma a compatibilizar toda a informação entre os projetos, não desprezando nunca as restantes especialidades pois todas são fundamentais e têm de ser interligadas (Saepro 2015).

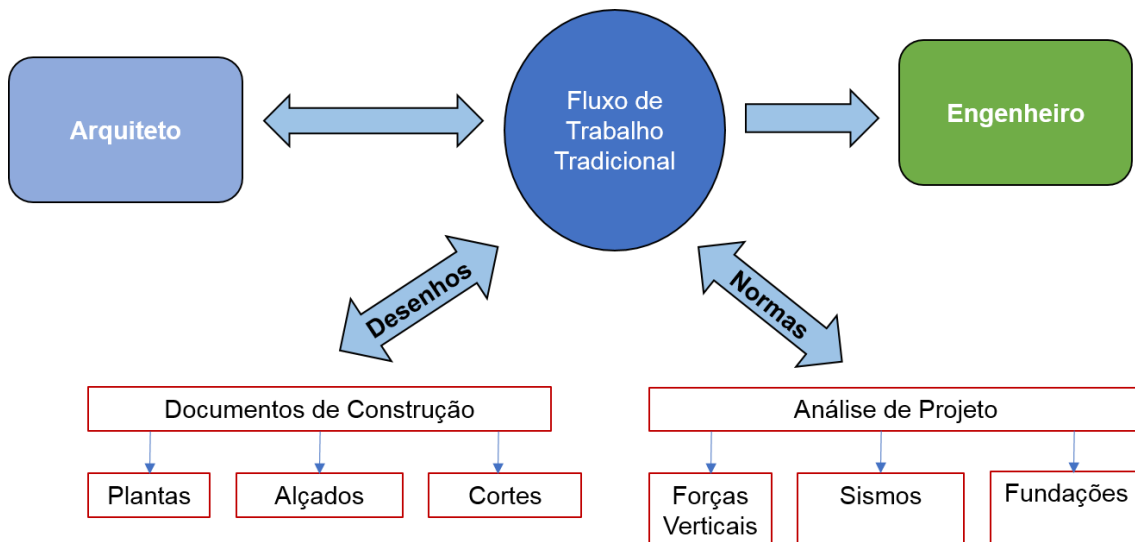


Figura 2.1 - Fluxo de trabalho tradicional (adaptado de Green Architecture 2010)

O fluxo tradicional obriga a que exista um grau de interdependência elevado e minucioso entre os intervenientes de todas as fases de uma obra. Estas fases dividem-se principalmente em Conceção, Projeto, Contratação, Construção e Utilização. Neste fluxo, dada a quantidade de informação existente, esta pode-se perder na passagem entre fases, parcialmente ou na totalidade, pondo em risco a qualidade e viabilidade do projeto. Esta é sem dúvida uma lacuna, que deve ser minimizada na gestão da informação, tornando-a mais eficaz (Sá 2014).

A perda de informação deve-se à (Sá 2014):

- I. Existência de diferentes versões de documentos que, por sua vez, podem conduzir a erros de projeto e, conseqüentemente, a atrasos e derrapagens nos custos;
- II. Dificuldade de visualização global e de compreensão das diferentes componentes de informação;
- III. A generalidade da documentação apresenta-se segundo um formato 2D, sendo necessária a sua adaptação para o contexto real da obra, ou seja, para uma dimensão 3D;
- IV. Não aproveitamento de informações adquiridas em fases antecedentes levando à introdução repetida de dados.

Como é possível constatar por observação da Figura 2.2, a perda informação e má comunicação pode originar atrasos significativos no ciclo de vida do projeto, obrigando à reintrodução de informação e redefinição de conceitos.

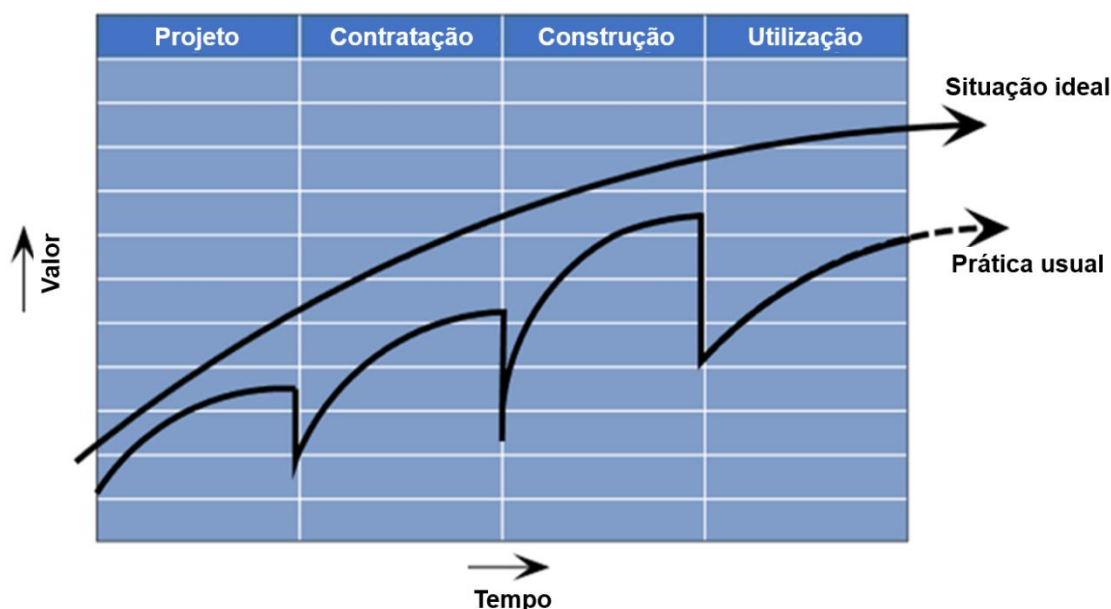


Figura 2.2 - Perda de valor da informação entre as fases do processo construtivo (adaptado de Poças Martins 2009)

No setor da construção, como em qualquer outro, subsiste uma procura crescente, no sentido de melhorar a desempenho e a produtividade (Gomes Batista 2015). Neste sentido, e com o propósito de comprovar a dificuldade de comunicação referida, tem vindo a ser adotadas diferentes estratégias no âmbito das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC), nas quais se destaca o sucesso na utilização de ferramentas de modelação. Face ao exposto, existe a necessidade de modificar o paradigma no processo de execução dos projetos das diferentes especialidades e o BIM surge como forma de dar respostas aos problemas anteriormente

referidos. A introdução desta tecnologia é importante para o desenvolvimento do setor AECO e apresenta-se como principais vantagens:

- I. Aumento de produtividade;
- II. Diminuição de custos e prazo de execução em todo o processo;
- III. Benefícios para a gestão e para o planeamento dos projetos;
- IV. Melhor coordenação e comunicação entre os intervenientes;
- V. Compatibilidade entre os projetos das especialidades;
- VI. Prevenir possíveis problemas;
- VII. Maior eficiência energética;
- VIII. Sustentabilidade na construção.

2.4 BIM

A origem dos conceitos BIM remonta às teorias desenvolvidas desde os finais da década de 70, pelo professor Charles M. Eastman, sobre modelação de dados de produtos da construção, partilhando os mesmos princípios conceptuais a nível de representação e organização da informação. Os principais problemas do processo de construção podem ser definidos da seguinte forma ((Eastman *et al.* 1974); (Clemente & Cachadinha 2012)):

- I. Dificuldade em descrever um espaço em três dimensões (3D);
- II. Objetos representados em desenhos diferentes e com escalas diferentes;
- III. A alteração de um mesmo objeto ter que ser repercutida em todos os desenhos, dificultando e atrasando a atualização da informação ao longo do ciclo de vida do projeto;
- IV. A dificuldade de manter toda a informação atualizada levando a tomadas de decisão baseadas em informações já não são fiáveis.

Atendendo aos problemas referidos, e tendo por objetivo melhorar o rendimento e a eficiência dos trabalhos associados, foi criado o conceito de Building Description System (BDS), que correspondia a um sistema computacional capaz de armazenar, manipular e analisar as informações, com detalhe, de projeto, construção e operação (Clemente & Cachadinha 2012).

Posteriormente, já em 1992, foi publicado um artigo por G.A. Van Nederveen & F.P. Tolman, que abordava as diversas perspetivas da modelação da construção e como esta pode ter grande utilidade para que fosse possível justificar a estrutura de um modelo de construção, com base em diferentes pontos de vista dos intervenientes de um projeto onde se utilizou pela primeira vez o termo de Modelling Building Information (Saepro 2017). O Arquiteto Phill Bernstein, alguns anos mais tarde, substituiu este termo por Building Information Modelling, que passou a ser uma referência nos processos de construção, generalizada posteriormente por Jerry Laiserin como um nome comum para a representação digital dos processos construtivos(WIQI GEQUALTEC 2016) (Achdaily 2012).

O BIM tem tido uma evolução significativa, tendo vindo a adquirir, ao longo dos tempos, diferentes tipos de interpretações. O BIM pode ser interpretado como Building Information Modelling, que corresponde a um processo de introdução e partilha de informação entre todos os intervenientes de forma a melhorar o processo colaborativo durante todo o ciclo de vida de um empreendimento (Tarrafa 2012). Pode também ser interpretado como Building Information Model, que se relaciona com um objeto ou modelo específicos que contêm todas as informações relevantes e um empreendimento (Azhar 2011).

De fato, a tecnologia BIM apresenta benefícios comprovados em todas as fases do ciclo de vida da construção, dado que os modelos de informação gerados permitem apresentar várias vantagens sobre os desenhos 2D e por isso, o desenvolvimento da metodologia BIM é considerada uma mais-valia para o projeto e construção de edificações sustentáveis (EngenhariaCivildíaria 2015).

O BIM permite ainda que exista uma troca de informação mais simples e ao mesmo tempo mais detalhada entre todos os intervenientes de um projeto, desde o engenheiro ao dono de obra, possibilitando que todos os envolvidos no processo de construção possam visualizar o modelo de diferentes perspetivas, com a possibilidade de modificar ou acrescentar informações que são propagadas em tempo real ao longo de todo o modelo, consoante a sua especialização (Gonçalves 2014). A título exemplificativo é possível que um engenheiro da especialidade de hidráulica possa inserir o seu projeto num *software* capaz de avaliar se existem incompatibilidades com os projetos de qualquer outra especialidade.

Na Figura 2.3 está representado o processo colaborativo presente em todo o ciclo de vida da construção.

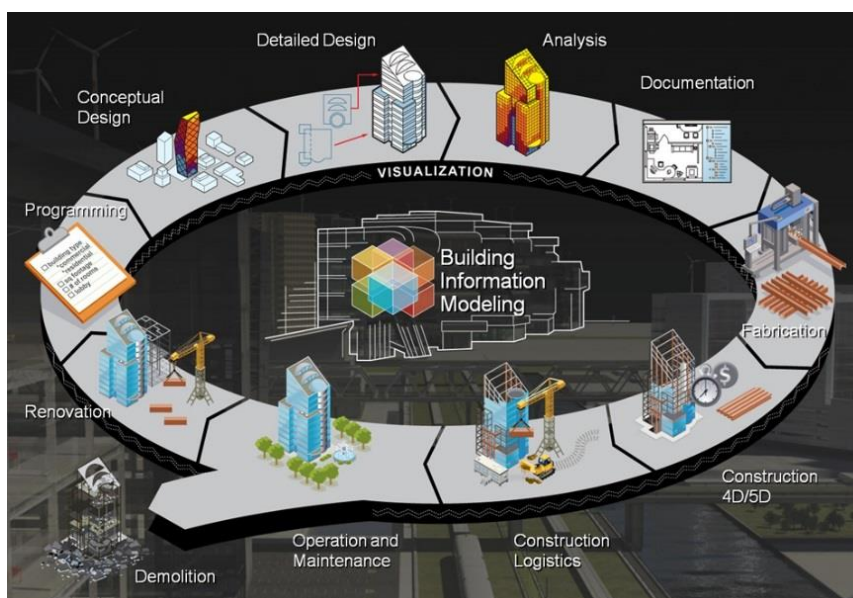


Figura 2.3 - Processo colaborativo do BIM (Pimenta 2015)

Esta nova forma de comunicar e participar, preconizada pelo BIM, introduz uma mudança muito relevante nos processos de troca de informação entre todos os intervenientes. Trata-se por isso de um novo paradigma de trabalho, no qual a colaboração deve ser constante e continua em todas as fases do ciclo de vida de um empreendimento (Santos da Silva 2015).

O trabalho desenvolvido e partilhado por todos os responsáveis, é guardado numa base de dados recorrendo a uma plataforma de *software* especializado e interoperável, de fácil interpretação e acessibilidade (Simões 2013).

Apesar de existir um único modelo BIM que contém toda a informação, é possível definir diversos ambientes de trabalho onde podem coexistir os contributos dos diferentes projetistas. Deste modo, é possível modelar a informação de acordo com as diferentes necessidades, garantindo a integridade das diferentes especialidades ao longo do ciclo de vida de um empreendimento (Venâncio 2015).

A tecnologia BIM possibilita trabalhar com objetos específicos, adaptando-os ao espaço e ao meio envolvente, através da modelação e das relações paramétricas. A modelação por objetos consiste na escolha de um objeto pré-definido numa biblioteca disponibilizada pelo *software*. Qualquer alteração num dos parâmetros faz com que ao longo de todo o modelo haja uma atualização constante e em tempo real da informação modificada, garantido que o modelo esteja sempre atualizado, independentemente das escolhas do utilizador (Barbosa *et al.* 2012).

O BIM é considerado como a nova geração das ferramentas *Computer Aided Design* (CAD) e pressupõe a utilização de um *software* que lhe esteja associado. A escolha do *software* deve ser feita de acordo com a especialidade que se quer executar, podendo ser de estruturas, arquitetura e instalações. Embora os projetos sejam executados em diferentes *softwares*, a utilização dos mesmos em conjunto com o BIM permite que os projetos sejam sobrepostos de forma a centrar a informação e a detetar falhas que possam ocorrer (Aveiro da Mota 2015).

No caso da modelação poder ser realizada num *software* específico para cada especialidade, existe a possibilidade de efetuar trocas de informação (interoperabilidade) através de Industry Foundation Classes (IFC) , transferindo a informação criada num *software* para outros (Gonçalves 2014). Esta interoperabilidade não se limita aos programas que operam com o BIM, permitindo também a associação a programas como o AutoCAD, o MS Project, entre outros, com o objetivo de compilar a informação que é essencial e necessária, de forma a otimizar o tempo do utilizador, melhorando a qualidade do trabalho realizado e fazendo uma melhor gestão de recursos (Otero 2014). O conceito de interoperabilidade de informação será desenvolvido com mais detalhe na secção 2.5.

O BIM é considerado uma inovação no que diz respeito à criação, à utilização e à partilha de dados de um projeto com a capacidade de aproximar uma obra real através de um ambiente virtual, facilitando a identificação de erros, omissões, sobreposições e incompatibilidade de um projeto (Silveira Azevedo 2015).

A curva de *MacLeamy*, apresentada na Figura 2.4, evidencia as vantagens que existem quando se identifica de forma atempada, eventuais erros e incoerências que podem surgir nas variadas etapas do projeto, trazendo vantagens significativas no valor de custo da obra bem como permitindo otimizar o tempo de execução (Engenhariaeetc 2015).

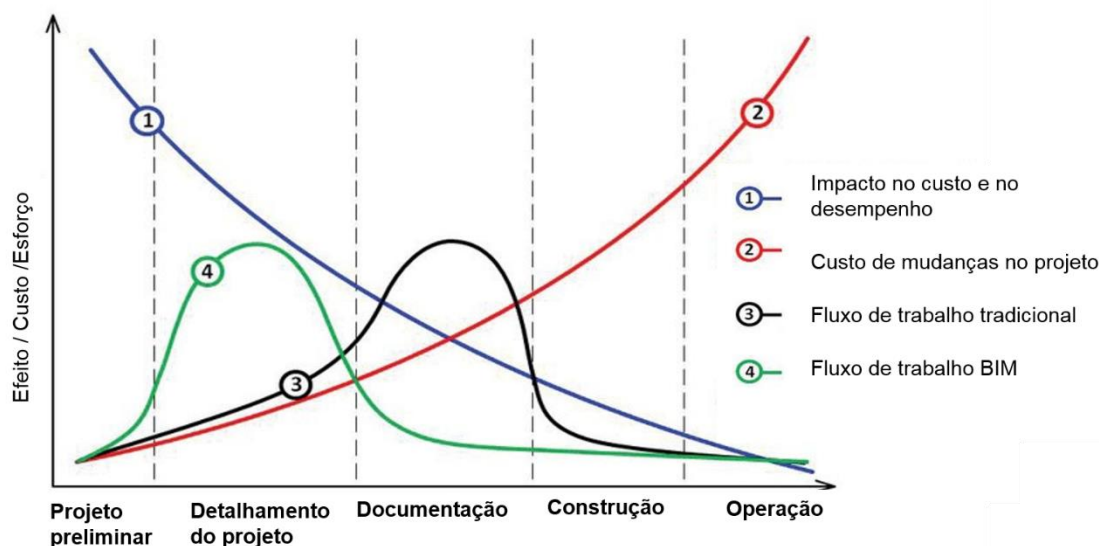


Figura 2.4 - Curva de MacLeamy (SóRevit 2013)

Na curva de *Mac Leamy* encontram-se representadas as diferenças entre os processos tradicionais e os processos colaborativos, neste caso o do BIM, bem como as suas consequências. Os custos devidos a alterações efetuadas durante o processo, aumentam consoante o projeto vai avançando, como se pode observar através da linha 2 representada a vermelho, ao contrário do esforço e do desempenho que tendem a diminuir, representados pela linha 1 a azul. As curvas 3 e 4 evidenciam as diferenças entre a utilização do método tradicional e os processos colaborativos, como o BIM. Com a implementação do BIM, uma das vantagens relevantes é a possibilidade de antecipar uma decisão num projeto que só seria detetável na fase final (Cortês de Sousa 2013).

Quando os processos tradicionais são comparados com os processos colaborativos representados, respetivamente, pela linha 3 a preto e pela linha 4 a verde, observa-se que quanto menos adiantados estiverem os picos de esforços envolvidos no processo de definição da informação em relação às fases do projeto, menores são as consequências do ponto de vista económico de alterações que eventualmente tenham de ser realizadas (Correia Ribeiro 2012).

As funcionalidades do BIM caracterizam-se pela livre partilha de informação, entre todos os intervenientes, durante todo o ciclo de vida de determinado empreendimento, sendo toda a informação integrada de forma organizada num modelo tridimensional, como é possível observar na Figura 2.5 (Cardoso *et al.* 2012).

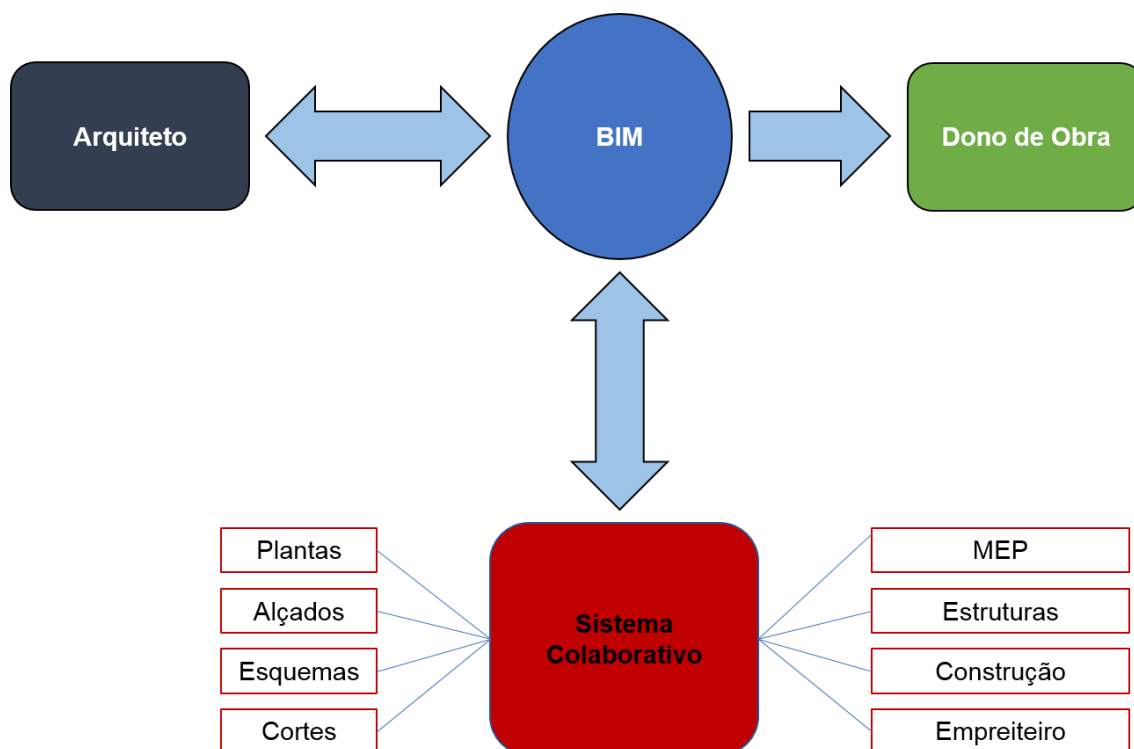


Figura 2.5 - Fluxo de trabalho BIM (adaptado de Green Architecture 2010)

Do ponto de vista da conceção, a metodologia BIM funciona, não só como auxílio a esta, mas também como ao projeto de edifícios. A modelação do edifício vai além da simples realização de esboços em papel para formato digital, sendo assim viável usar o BIM para testar vários tipos de soluções, sempre condicionadas pelos critérios de consistência de um modelo de construção. De uma forma prática, a aplicação do BIM é feita através da agregação dos elementos construtivos (Cardoso *et al.* 2012).

A título de exemplo pode-se pensar no caso de uma porta. Para este elemento simples é possível especificar os parâmetros geométricos, como a altura, o comprimento e a espessura, e ainda outros parâmetros que caracterizem a porta, tipo de material, tipo de puxador, propriedades térmicas e acústicas que se queira atribuir ao objeto específico.

Nos modelos BIM a visualização é um fator muito significativo. O processo de visualização é automático. O utilizador apenas tem de introduzir o tipo de vista pretendido para que o modelo seja gerado. Este modelo inclui cortes, plantas, alçados, pormenores e elementos 3D. Obedecendo o modelo a regras paramétricas, todas as perspetivas são constantemente atualizadas em tempo real, garantido consistência do modelo em todas as fases do processo e uma rápida produção de informação visual. Assim, as capacidades de visualização implementadas pelo BIM garantem uma perceção mais aproximada da realidade durante todas as fases. O produto final possibilita uma avaliação global de forma a detetar erros relacionados

com altimetria, ligações mal executadas de elementos, sobreposições ou omissões de elementos (Cardoso *et al.* 2012).

A quantificação automática e precisa é uma das vantagens que a utilização do BIM proporciona. A modelação por objetos obriga a que exista uma especificação detalhada de parâmetros para cada um dos elementos. Existem dois grupos de parâmetros, os geométricos e os não geométricos. Os geométricos dizem respeito ao comprimento, largura e altura e os não geométricos dizem respeito, por exemplo a custos de materiais, custo de construção, tempo de construção, histórico de propriedades, entre outros, que são definidos pelo utilizador. O BIM permite efetuar listagens por elementos, por quantidades e por parâmetros, sendo uma mais-valia para extrair a documentação de forma automática e organizada (Cadalyt 2004).

A produção de documentação técnica da construção é um dos trabalhos de maior dificuldade nos processos de construção, como a nível da documentação para licenciamento, da contratação ou da preparação da obra. As aplicações BIM mais correntes focam sobretudo a produção de peças desenhadas, incluindo aplicações para criação de *layouts*, concebidas com a finalidade de apoiarem a impressão das peças. A componente "inteligente" do modelo assegura a atualização em tempo real dos *layouts* quando são introduzidas alterações no modelo (Pimenta 2015).

Os modelos BIM envolvem novos métodos de produzir, colaborar e partilhar informação. Como é possível observar na Figura 2.6 é necessário analisar e atualizar a função de cada interveniente no processo de modelação, bem como existir a partilha de um modelo BIM com todos os intervenientes, permitindo que o trabalho seja realizado a partir da mesma plataforma.

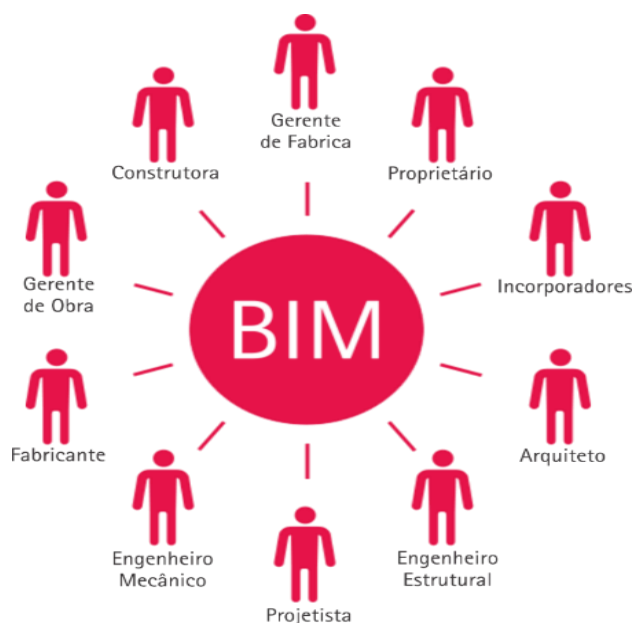


Figura 2.6 - Processo colaborativo BIM (Faisaluddin 2015)

A compatibilização de projetos de diferentes especialidades é das tarefas mais árduas a nível na gestão de projetos de construção. O BIM está direcionado para que toda a informação esteja contida num modelo único e, atualmente existem aplicações que permitem, não só a integração de diversos projetos, mas também a verificação da compatibilidade de modelos, identificando sobreposições, conflitos, erros e omissões no modelo global (WikiGequaltec 2011).

As práticas BIM encontram-se divididas por diversas áreas, como esquematizado na Figura 2.7. Esta divisão é importante para permitir uma melhor organização e gestão dos recursos, estando presente durante todo o ciclo da construção. Quando é feita referência à metodologia BIM não se deve esquecer a importância que existe na gestão e organização de informação em cada especialidade (ArquiteturaeUrbanismo 2011).

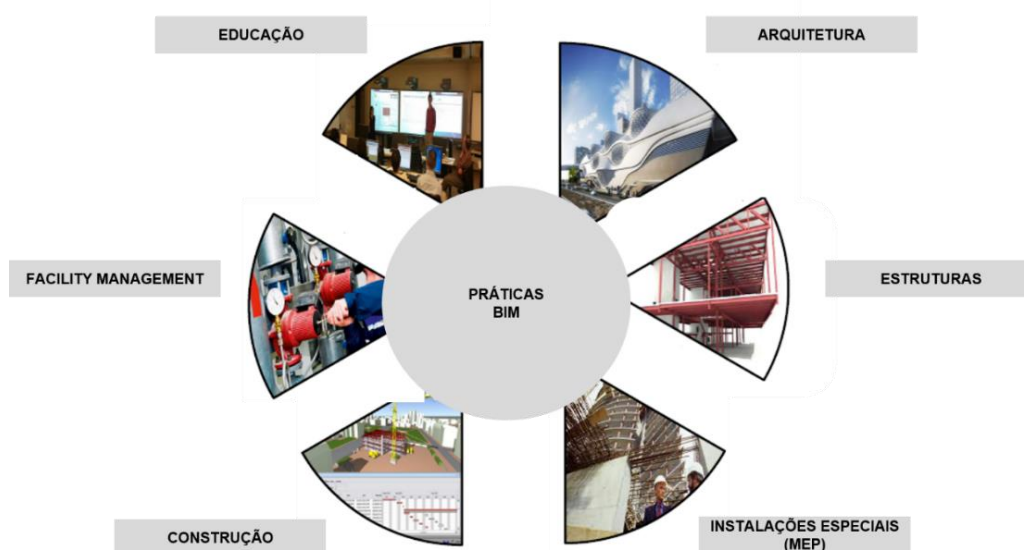


Figura 2.7 - Práticas do BIM (adaptado de Lino 2015)

O BIM desempenha diferentes papéis e representa uma mais-valia para os intervenientes destas especialidade e atividades presentes no ciclo de vida de um empreendimento:

- I. A utilização do BIM na Arquitetura permite visualizar toda a construção a nível estético, de uma forma clara, ou seja, permite “ver” o modelo em 3D e ter uma ideia muito aproximada da realidade do que será o produto final. O BIM permite não só que sejam visualizados todos os pormenores (a textura, a cor e as dimensões) de todos os elementos existentes com os níveis de detalhe definidos pelos utilizadores, como também que sejam testadas as soluções implementadas (Barison & Santos 2016);
- II. A utilização do modelo BIM na especialidade de Estruturas permite eliminar a necessidade de replicar o projeto de estruturas, maximizando consideravelmente a produtividade

diminuindo-se assim a probabilidade de ocorrência de erros, pois elimina-se a necessidade de atualizar manualmente ambos os modelos durante os processos de dimensionamento de um projeto de estruturas (Tarrafa 2012).

- III. A utilização do BIM na prática de Instalações Especiais, referente aos sistemas mecânicos, elétricos e de águas, mais conhecidos por *Mechanical Electrical and Plumbing* (MEP) são constituídas de uma forma geral pelas instalações descritas na Figura 2.8 (Pimenta 2015):

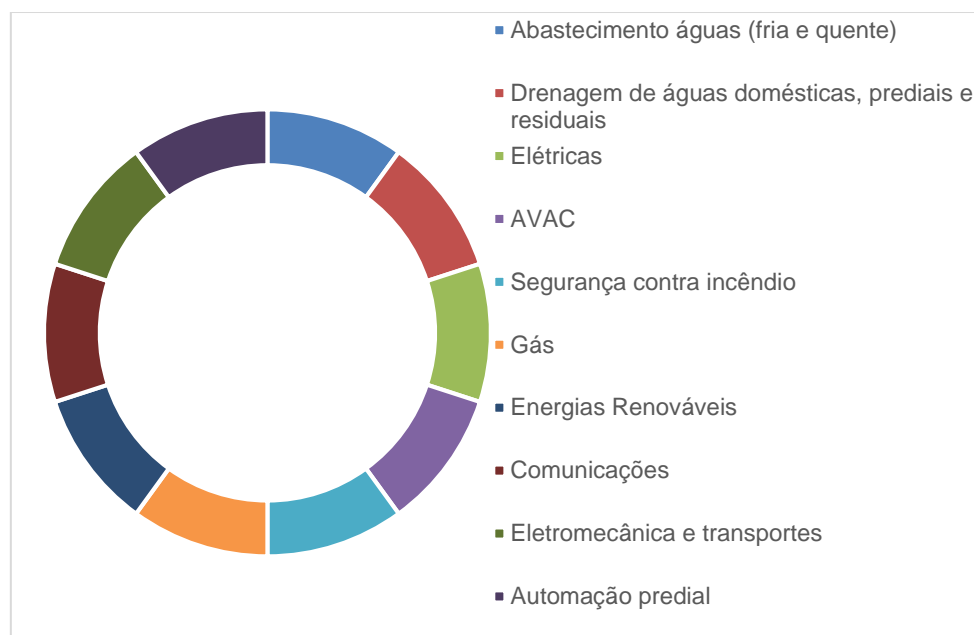


Figura 2.8 - Instalações do sistema MEP (adaptado de Pimenta 2015)

A execução deste tipo de projetos é um trabalho bastante minucioso e suscetível à ocorrência de erros por incompatibilidade de especialidades. Embora no projeto de redes especiais estejam definidos os locais onde os elementos vão ser instalados, nem sempre são compatíveis com os projetos das outras especialidades (Otero 2014).

Na maioria das situações, o espaço reservado para a execução das redes está muito limitado na medida em que cada responsável pelo seu projeto tenta maximizar o aproveitamento do espaço, o que, além de erros, provoca atrasos e desperdícios de tempo e por vezes provoca também desperdício de material. Quanto mais tarde o erro for detetado mais onerosa vai ser a sua correção e consequentemente vão surgir atrasos. Esta especialidade contempla trabalhos especializados e por isso é muito importante que exista um correto planeamento e uma correta implementação. Neste sentido, seria uma mais-valia existir uma forma de relacionar todos os projetos entre si, sendo apenas possível numa realidade virtual (Pimenta 2015).

Desta forma é possível conjugar e simular as diferentes soluções na fase de projeto e assim, sempre que forem encontradas incompatibilidades é possível proceder às suas alterações, bem como realizar combinações de traçado de redes para que se encontre a solução mais adequada, oferecendo uma maior qualidade (Máximo Rocha 2015).

- IV. A utilização do BIM na fase de Construção permite reduzir a quantidade de erros que ocorrem na maioria das situações por incompatibilidades construtivas. Utilizando o modelo virtual é possível que esses erros sejam detetados antecipadamente diminuindo assim a quantidade de atrasos, bem como o desperdício de materiais e retrabalho e, conseqüentemente, permite que os prazos sejam cumpridos. Desta forma é possível ainda proporcionar ao engenheiro de obra, informação mais fiável para que exista uma melhor gestão do planeamento, execução e controlo na obra (Construção 2011);
- V. A utilização do BIM na área da Gestão de Projetos permite uma maior precisão na fase de detalhe dos recursos e representa uma mudança significativa na forma como a informação é controlada. Esta metodologia possibilita que os gestores tomem decisões sobre os contratos e as obras, podendo em qualquer momento selecionar os detalhes de qualquer elemento, evitando assim erros e omissões para que no final exista uma melhor gestão e controlo de materiais, custos e tempo, ou seja, aumenta a qualidade do empreendimento (Construmaneger 2016);
- VI. A utilização do BIM na prática da Educação é um assunto que merece especial atenção, pois para que haja a utilização desta metodologia de uma forma generalizada por parte dos envolvidos no setor e, para que se possam obter resultados positivos, é necessário existir no mercado profissionais com as competências necessárias. Isto só será possível se existir um esforço por parte dos responsáveis na elaboração dos programas curriculares, bem como um investimento na formação de profissionais capazes de abordar esta temática corretamente (MakeBIM 2017).

Existem diferentes níveis de exigências quanto a quantidade de informação necessária em cada fase de um projeto. Os modelos BIM têm a capacidade de se adaptarem a estas exigências. Diz-se que os modelos BIM são capazes de alcançar dimensões para além das três dimensões, sendo conhecidos por modelos “nD” (Giollo 2016).

O BIM 3D diz respeito à representação tridimensional para que seja possível uma visualização mais real.

O BIM 4D é o resultado da adição da variável tempo ao modelo tridimensional citado anteriormente. Envolve o planeamento e a simulação de cenários que envolvam a nova variável.

O BIM 5D acrescenta a variável custo, ao modelo. Ao serem atribuídos valores aos elementos de construção possibilita-se um planeamento económico de atividades, previsões, simulações e controlo económico. O principal objetivo é o estudo de soluções mais económicas e um controlo orçamental mais rigoroso (Sousa *et al.* 2011).

Para as dimensões 6D e 7D não existe consenso na definição mas o mais usual é atribuir o BIM 6D sustentabilidade e o BIM 7D à gestão e manutenção, como explicito na Figura 2.9 (Sá 2014). A Figura ilustra também o significado de se atribuir novas variáveis ao modelo.



Figura 2.9 - Dimensões do BIM (adaptado de MakeBIM 2017)

Mais recentemente foi incorporada uma 8D que diz respeito à segurança e prevenção de acidentes (Masotti 2014).

Na metodologia BIM é importante considerar o nível de desenvolvimento, designado por *Level of Development* (LOD), em português Nível de desenvolvimento, que é definido pela soma de duas componentes, o *Level of Detail* (Nível de detalhe) e o *Level of Information* (Nível de Informação) descritas na Figura 2.10.



Figura 2.10 - Definição de LOD (CT197-BIM 2016)

Enquanto o nível de detalhe diz respeito à informação geométrica do modelo, o nível de informação é associado à informação não geométrica.

O somatório destes dois níveis dá origem a um LOD que permite identificar com clareza o conteúdo e a fiabilidade da informação contida num modelo para as várias fases do desenvolvimento do modelo BIM. Enquanto numa fase inicial de projeto, os elementos do modelo apresentam um LOD inferior correspondente a uma fase onde a informação ainda não está totalmente definida, numa fase final apresentam grandes quantidades de informação associada ao modelo, e consequentemente um LOD mais elevado (Novais 2015).

Este conceito é expresso com uma série progressiva de números que correspondem aos diferentes LOD que podem existir num determinado elemento, sendo estes distintos e mais informativos ao longo do ciclo, ou seja, o nível de desenvolvimento está relacionado com a quantidade, o tipo e a qualidade da informação presente num elemento de um modelo (Costa 2016).

É necessário definir os elementos de forma clara e objetiva para que os utilizadores possam avaliar a utilidade dos modelos criados bem como as limitações que estes podem apresentar. Este conceito vai evoluindo à medida que os elementos evoluem de uma etapa mais concetual e esquemática para uma etapa mais completa e com mais descrição (BIMExperts 2017).

O *Structural Engineering Institute - Council of American Structural Engineer*”, publicou um documento, onde enquadra e apresenta os cinco LOD’s definidos pelo *The American Institute of Architects* (AIA), *Document E202*, sendo que os três primeiros costumam dizer respeito à fase de projeto, o quarto à construção e o quinto à operação e manutenção do edifício (Silva 2013). Os referidos LOD são definidos de uma forma sumária nos pontos seguintes:

- I. **LOD 100:** É o equivalente à fase de projeto conceptual. O modelo consiste nas várias massas do edifício, permitindo estimativas iniciais de custos, por exemplo. Compreende essencialmente a definição de volumes e orientação do edifício;
- II. **LOD 200:** Fase de projeto esquemático na qual o modelo consiste em sistemas generalizados com estimativas aproximadas de tamanho, forma, quantidade, localização e orientação. Tem como finalidade a análise de critérios generalizados de desempenho;

- III. **LOD 300:** Detalhe dos modelos é já adequado para a elaboração de desenhos de construção (pelo menos geométricos). O modelo já inclui definições de quantidade, tamanho, forma, localização e orientação de objetos. Pode ser usado para simulações detalhadas de elementos e sistemas;
- IV. **LOD 400:** Modelo suficientemente desenvolvido para fabrico e montagem. Este tipo de modelos é já adequado a fabricantes e empreiteiros, contendo informação precisa sobre tamanhos, formas, localizações, quantidades, orientações e processo construtivo;
- V. **LOD 500** – O elemento é representado no modelo em termos de tamanho, forma, localização e orientação da forma como foi construído no projeto. Também pode trazer associados aos elementos do modelo informação não gráfica.

Numa fase posterior às primeiras definições de LOD instituídos pela AIA, surge por parte do *BIMForum*, numa proposta de alterações às especificações originais através da exclusão do LOD 500, por considerar que este LOD está relacionado com uma fase pós-construção (Operação) e por não indicar uma progressão para um nível mais elevado de informação geométrica. O *BIMForum* cria também definições para um LOD 350, inexistente nas especificações iniciais da AIA. No LOD 350, o elemento é representado graficamente no modelo como um sistema, objeto ou conjuntos específicos em termos de quantidade, tamanho, forma, localização, orientação e interfaces com outros sistemas de construção, podendo conter informações não gráficas associadas. O LOD 350, utilizado principalmente nos Estados Unidos da América (EUA), apresenta as peças necessárias para a coordenação de elementos com os outros elementos que lhe são próximos ou ligados. Essas peças incluem itens como suportes e conexões, permitindo uma maior coordenação entre especialidades de projeto, facilitando a deteção de conflitos e sobreposições. Os requisitos para este nível são superiores aos de LOD 300, mas não tão elevados como os de LOD 400 (Ikerd *et al.* 2013).

A Figura 2.11 demonstra a representação dos diferentes LOD de uma viga e as suas ligações. O LOD 500 não é representado por apresentar apenas o acréscimo de informação não geométrica.

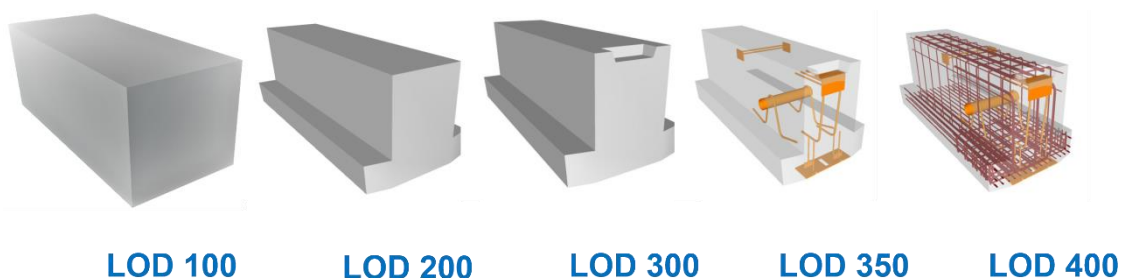


Figura 2.11 - Viga representada por diferentes LOD's (adaptado de BIMForum 2013)

É importante ter em atenção o nível de desenvolvimento que é necessário em cada fase do projeto, uma vez que o esforço requerido para introduzir os LOD's superiores é significativamente maior do que introduzir no LOD inferior. É importante gerir a forma como são atribuídas as características dos LOD's de acordo com as fases do projeto, para que se rentabilize custos e tempos. A Figura 2.12 demonstra uma combinação das definições das fases de projeto contidas nas Portaria 701-H, de 29 de julho de 2008, com os níveis de desenvolvimento associados.

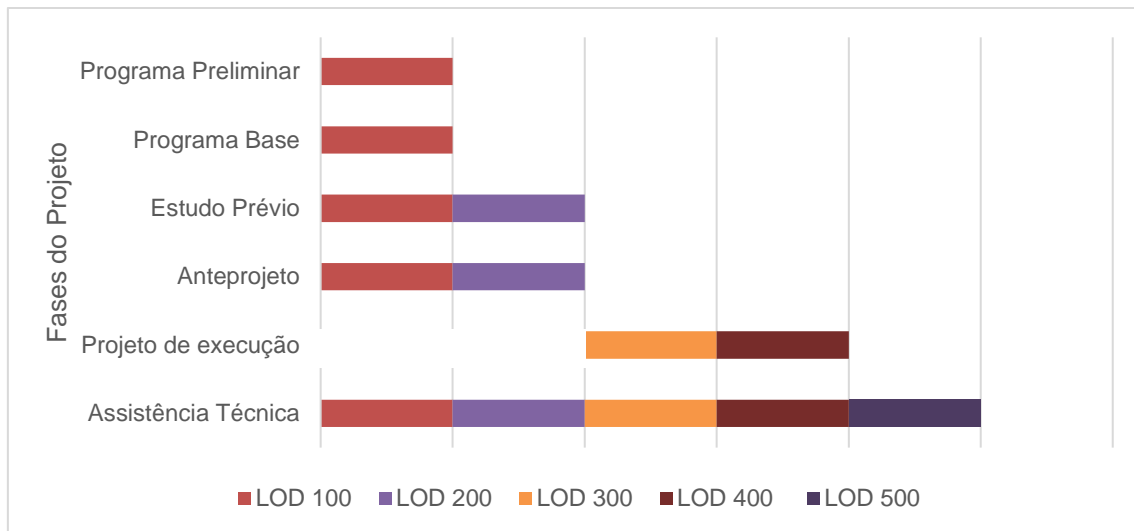


Figura 2.12 - Níveis de desenvolvimento ao longo das fases de projeto (adaptado de Pimentel Antunes 2013)

É importante referir que uma estratégia de desenvolvimento do BIM implementada pelo Reino Unido, O *Government Construction Client Group (GCCG)*, adota em 2011 um modelo que tinha com objetivo ser visto como um modelo estratégico, um modelo de política ou um roteiro a ser seguido pela indústria. Este modelo é conhecido como modelo de maturidade, modelo iBIM (nome do nível mais elevado) ou *model BIM Wedge* (formato de cunha) e encontra-se dividida em 4 níveis (0 a 3) como consta na Figura 2.13 (BIMThinkSpace 2005).

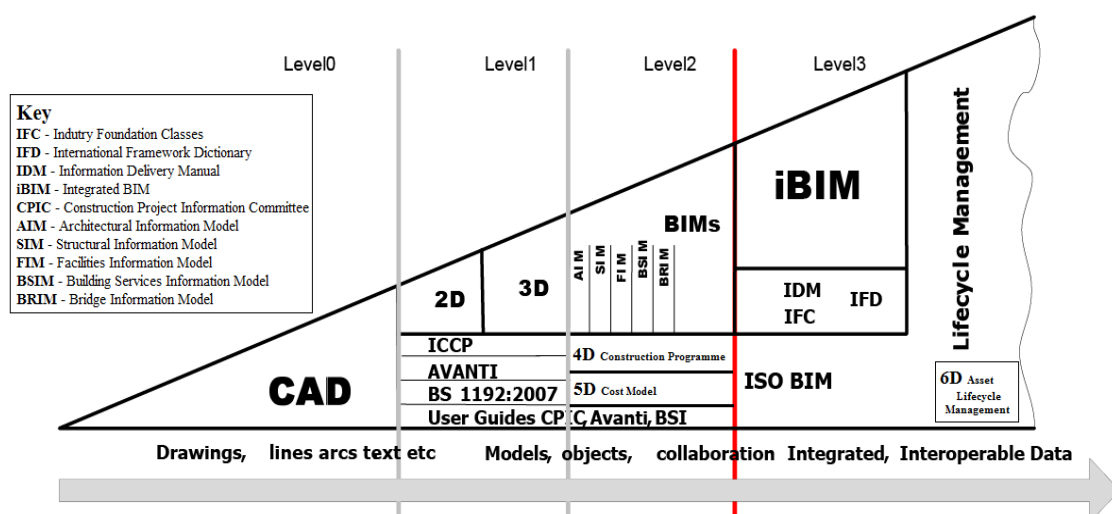


Figura 2.13 - Modelo de Maturidade (adaptado de BIS-BIM 2011)

O **nível 0** é caracterizado pela inexistência do BIM. Neste nível os processos baseiam-se em CAD e são implementados de forma individual dependendo do projeto de especialidade (Máximo Rocha 2015). No nível 0 não existe colaboração entre os ficheiros e os objetos, correspondendo apenas à troca de informação com base em documentos escritos e desenhados, em representações 2D (TeklaCampus 2015).

O **nível 1** corresponde à utilização de meios informáticos para troca de informação e de documentação, quer em 2D quer em 3D (TeklaCampus 2015). Este nível apresenta troca de informação dentro de cada especialidade, não apresentando ainda colaboração entre os diferentes projetos (Novais 2015).

O **nível 2**, onde está atualmente inserido o Reino Unido, permite criar modelos 2D e 3D, com a particularidade de estes serem resultado de um modelo colaborativo por toda a equipa. A metodologia BIM já está presente neste nível e permite aos intervenientes dos projetos trabalharem na respetiva especialidade com a particularidade de poderem comunicar entre si, mas nunca através do mesmo ficheiro BIM. Cada interveniente adiciona o trabalho desenvolvido ao modelo base, que está sempre atualizado e que está disponível para todos os restantes intervenientes (Eadie *et al.* 2013).

O **nível 3** é denominado por iBIM, BIM inteligente, pois é neste nível que é atingido a completa coordenação entre os projetos das diferentes especialidades para que a ideologia do BIM seja eficiente em todo o ciclo da construção. Este nível permite que exista colaboração entre os intervenientes e a construção do modelo, e confere poder para estes alterarem o modelo a qualquer instante, ou sempre que necessário. Essas alterações serão atualizadas automaticamente. Além da documentação em duas dimensões, o produto final inclui também

- VI. Dinamarca: a empresa estatal the *Palaces & Properties Agency* e o *Defense Construction Service* exigem que o BIM seja utilizado em todos os seus projetos.
- VII. Estados Unidos da América: em 2006, a *General Services Administration* (GSA), definiu que os projetos dos novos edifícios públicos deveriam ser realizados com a utilização do BIM (Coordenar 2013). Este foi o país onde a mudança para o BIM teve um grande aumento, de 40% para 71% entre o ano de 2007 e de 2012.
- VIII. Finlândia: a utilização do BIM é obrigatória desde 2007 nos projetos da empresa estatal Finlandesa *Senate Properties*.
- IX. Holanda: em 2012 o *Dutch Ministry of the Interior* tornou o uso do BIM obrigatório para o desenvolvimento de projetos de manutenção de empreendimentos grandes.
- X. Índia: o BIM também é conhecido como *Virtual Design and Construction* (VDC). Possui profissionais qualificados e experientes na área BIM responsáveis por implementar esta tecnologia nos projetos de construção indianos e prestam auxílio a equipas nos EUA, Austrália, Reino Unido, Oriente Médio, Singapura e Norte da África.
- XI. Irão: o *Iran Building Information Modeling Association* (IBIMA), fundada em 2012, compartilha recursos de conhecimento para apoiar as decisões de gestão tomadas em engenharia de construção.
- XII. Islândia: a organização governamental *Framkvæmdarsýslu Ríkisins* (FSR), foi responsável pela implementação do BIM apresentando alguns documentos relevantes relacionados com a sua adoção. A indústria islandesa atualmente está em transição do Nível de Maturidade 1 para o Nível 2.
- XIII. Lituânia: a adoção do BIM em projetos de infraestruturas através da fundação de um organismo público, o *Skaitmeninė statyba* está no início da implementação. O BIM, o IFC e um sistema nacional de classificação para a construção serão brevemente adotados como normas.
- XIV. Noruega: a empresa estatal *Statsbygg* implementou a utilização do BIM para todo o ciclo de vida dos seus edifícios e, atualmente todos os projetos referentes a esta empresa utilizam o formato IFC.
- XV. Reino Unido: o objetivo principal por parte do Governo é reduzir em 20% os custos associados aos projetos de construção públicos bem com reduzir a intensidade da emissão de carbono do país.
- XVI. Singapura: no ano de 2008, a *Building and Construction Authority* (BCA) implementou um portal eletrónico para a aprovação de projetos, considerado o sistema mais rápido do mundo. Em 2013, para que os projetos fossem aprovados seriam necessários 26 dias, mas pretendia-se que ainda em 2015, o prazo fosse reduzido para 10 dias, de forma a obter 80% dos projetos em BIM.
- XVII. Alguns países europeus como a França e Suíça exigem a utilização do BIM em projetos públicos de construção. Outros países têm criado agências com o objetivo de gerir a implementação do BIM a nível nacional através de normas.

Em Portugal existe uma subcomissão para Modelação e Objetos BIM, Comissão Técnica (CT) 197, uma entidade delegada pelo Instituto Português da Qualidade como responsável que tem como objetivo o desenvolvimento da normalização no âmbito dos sistemas de classificação, modelação da informação e processos ao longo do ciclo de vida dos empreendimentos de construção.

2.5 ProNIC

Da necessidade de dispor de modelos de processos adaptados a diferentes tipos de obras, bem como de informação técnica normalizada e credível de acordo com a legislação em vigor que estivessem sempre disponíveis e operacionais numa plataforma informática, nasce o ProNIC, designado como “Protocolo para a Normalização da Informação Técnica na Construção” (IMPIC 2015). Esta iniciativa foi promovida pelo Estado Português e surgiu na sequência do projeto Rede de Cooperação Estratégica entre Empresas do Processo de Construção CIC-NET financiado pela Agência de Inovação (Henriques 2012).

O projeto CIC-NET tinha como objetivo principal melhorar de forma significativa o desempenho das empresas ligadas ao setor da construção, nomeadamente aquelas que tivessem um papel presente em processos que implicassem trocas de informação entre os diversos intervenientes (Corvacho *et al.* 2002), ou seja, permitiu o estabelecimento de uma rede de cooperação entre empresas do processo de construção (FEUP 2008). Este projeto foi desenvolvido entre agosto de 1998 e junho de 2001 e foi da responsabilidade de dez organizações diferentes, (Adi 2001).

Ao longo do tempo foram identificadas as potencialidades e limitações da aplicação do CIC-NET e houve a necessidade de desenvolver e aperfeiçoar este projeto. Assim, o ProNIC foi desenvolvido com o objetivo de aumentar as capacidades e alargar o interesse a mais entidades que exercessem funções na indústria da construção (FEUP 2008). Este projeto foi aprovado em dezembro de 2005 no âmbito do Programa Operacional Sociedade do Conhecimento (POSC) e é assegurado por um consórcio onde participam o Instituto da Construção (IC-FEUP), o LNEC e o Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores do Porto (Corvacho *et al.* 2002; Inesctec 2016).

Inicialmente, o objetivo do ProNIC era o desenvolvimento de um referencial técnico que pudesse ter uma utilização generalizada pelos diferentes intervenientes na fase de projeto. Toda a informação técnica, normalizada de acordo com a legislação em vigor estava disponibilizada e era gerida através de uma plataforma informática que incorporava ainda funcionalidades que permitiam que as peças escritas fossem materializadas pelos projetistas (Campos 2014).

O desenvolvimento do ProNIC foi dividido em duas fases:

- I. A 1ª fase do projeto foi finalizada em junho de 2008, que coincidiu com a entrada em vigor do Código de Contratos Públicos (CCP) (Campos 2014). Nesta fase foi

estabelecida a estrutura de desagregação para os trabalhos de construção, ou seja, a descrição de forma genérica dos trabalhos, e aliado a isto, a criação de mapas de trabalho e quantidades. O menor nível de desagregação de trabalhos é o artigo que tem associado a si um código numérico único, uma medição e um custo unitário, além das fichas de execução de trabalhos e as fichas referentes aos materiais associados ao mesmo. Também faz referências às boas práticas de construção, bem como regulamentos e normas. O conjunto de fichas permite dar origem ao caderno de encargos e à estimativa orçamental da respetiva obra (Couto *et al.* 2011);

- II. A 2ª fase, realizada a partir de novembro de 2009, diz respeito à prestação de serviços para a Parque Escolar com a duração de três anos para a implementação do conceito abordado pelo ProNIC. Para este efeito foram desenvolvidos procedimentos que levaram a cabo o alargamento e a utilização do ProNIC nas fases de concurso e de execução de obra de acordo com os requisitos do CCP (Campos 2014).

Aprovado pelo Decreto-Lei nº18/2008, de 29 de janeiro, o CCP, diploma que regulariza a formação e a execução de contratos públicos através de regras específicas para cada procedimento, juntamente com a Portaria 701-H/2008, introduziu alterações relativas à regulamentação da contratação pública e das empreitadas. Deste modo, no caso particular, a aplicação deste código implicou novas exigências e responsabilidades transversais em todo o processo construtivo, desde a fase de conceção à fase de execução, permitindo mais detalhe e expressar o papel de cada interveniente (Campos 2014). A aplicação do CCP implica que sejam (Mêda *et al.* 2012):

- I. Criadas plataformas eletrónicas que permitam trocas de informações;
- II. Produzidos cadernos de encargos (CE) e documentação de obra em formatos compatíveis com as plataformas eletrónicas de suporte ao CCP;
- III. Produzidos conteúdos referentes aos elementos de solução de obra tais como as peças de projeto, as especificações técnicas, as medições e o mapa de quantidades (MQT), de forma a elucidar a natureza e a quantidade dos trabalhos a executar, limitando assim os problemas que surgem tanto na fase de contratação como de execução;
- IV. Elaboradas estimativas orçamentais com mais rigor.

O ProNIC veio dar resposta a muitos dos problemas existentes no processo construtivo, principalmente na organização e na gestão da informação e da documentação técnica (Campos 2014). O ProNIC possui uma base técnica, que tem como objeto principal uma estrutura normalizada e codificada para trabalhos de construção. De uma forma geral o ProNIC contém especificações técnicas que dizem respeito aos trabalhos de construção e incorpora cenários de custos para os respetivos trabalhos (IMPIC 2015).

Esta aplicação permite fazer a gestão de parte do ciclo de vida do empreendimento, desde o projeto de execução até à fase final da obra, uma vez que possui um sistema integrado para a gestão do processo construtivo. Permite também obter um conjunto aumentado de indicadores de monitorização, quer a nível global quer a nível particular do setor. Espera-se que estes indicadores tenham também um papel fundamental na análise e na avaliação técnico-económica de empreendimentos (IMPIC 2015).

Pode-se observar na Tabela 2.1 as vantagens da utilização do ProNIC ao longo do processo construtivo tradicional:

Tabela 2.1 - Vantagens na utilização do ProNIC (adaptado de Campos 2014)

Lacunas no processo construtivo	Vantagens do ProNIC
Ausência de especificações técnicas relativas à execução de trabalhos e materiais	Disponibiliza especificações técnicas, que incluem informações padrão, assim como práticas exigidas para cada obra e material
Inexistência de conteúdos de utilização generalizada para a geração de MQT e CE	Disponibiliza uma estrutura de desagregação de trabalhos e gera um único MQT ou MQT's parcelares
Dificuldade de reunir e divulgar normas, especificações e textos técnicos	Base de dados de conhecimento da construção com especificações técnicas, regras de medição e normas
Inexistência de padronização na organização da informação dos trabalhos	A partir da escolha ou introdução de parâmetros, gera descrições de trabalhos padronizadas
Abordagem fragmentada	Promove ambiente colaborativo, vários agentes podem trabalhar no mesmo documento na plataforma
Inexistência de indicadores	Disponibiliza indicadores

A estrutura interna da aplicação ProNIC conta com uma base de dados extensa de conteúdos técnicos que dizem respeito aos trabalhos de construção e aos materiais que lhes estão associados. Esta base de dados inclui informação técnica sobre a estrutura de desagregação, especificação dos trabalhos, especificações dos materiais, custos, recursos e ainda informações sobre manutenção e segurança. Esta informação é articulada e gerida através de funcionalidades informáticas desenvolvidas e integradas na própria estrutura do ProNIC (Cunha 2012).

A base de dados do ProNIC está organizada segundo uma estrutura hierarquizada de atividades em *Work Breakdown Structure* (WBS). A WBS é um método internacional usado para decompor um projeto em trabalhos. É um processo do sistema de gestão de projeto, com os resultados

orientados, de modo a captar toda a informação, de uma forma organizada e estruturada, em árvore ou gráfico e de uma forma hierárquica (Hyperthot 2016).

A WBS do ProNIC encontra-se estruturada de acordo com o tipo de construção e permite dividir a estrutura em dois ramos principais que serão subdivididos em novos ramos. (Campos 2014).

Esta dupla desagregação de trabalho está adaptada às especificidades e à estruturação corrente do tipo de obra. Como se pode observar na Figura 2.15, existem duas estruturas principais que definem os trabalhos de construção: obras de edifícios e obras de infraestruturas rodoviárias – estradas (Cunha 2012).

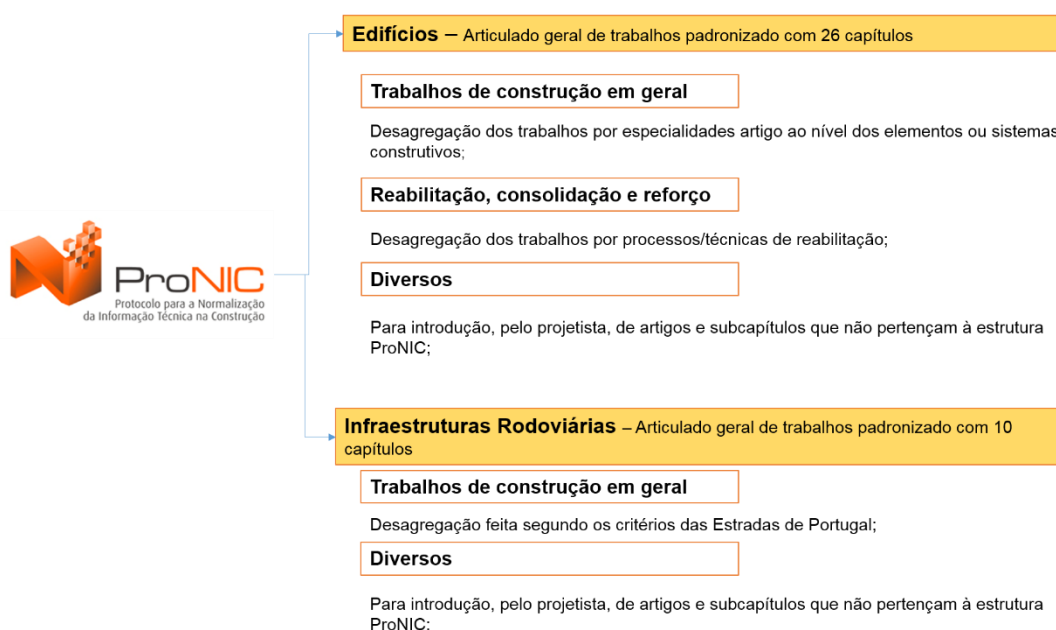


Figura 2.15 - Estrutura de desagregação hierárquica em árvore do ProNIC (adaptado de Consórcio ProNIC 2015)

Quanto mais detalhe tiver a estrutura ao nível de desagregação, maior é o grau de pormenor. Desta forma, e com o objetivo de tornar o ProNIC uma aplicação iterativa, surgiu a necessidade de subdividir as estruturas referidas anteriormente de forma a atingir um grau elevado de pormenorização (Henriques 2012).

No ProNIC a forma de visualizar a informação está organizada de forma a agrupar por:

I. Unidades de Construção (UC)

As UC correspondem a espaços físicos ou sistemas que podem ser individualizados ou aglomerados de várias UC individuais (módulos). Pode-se assumir que uma UC representa um nível de maior detalhe da obra podendo estar diretamente relacionada com a função, ou ainda corresponder a totalidade da obra, utilizadas principalmente no caso de construções em que a tipologia se repete várias vezes (CentroHabitat 2011). A

Figura 2.16 ilustra como se pode atribuir UC para o exemplo de um edifício administrativo.



Figura 2.16 - Exemplo de atribuição de UC a um edifício administrativo (adaptado de CentroHabitat 2011; Giollo 2016)

II. Blocos

Os blocos contêm as especialidades e os capítulos que o utilizador definiu previamente. A Figura 2.17 ilustra como a informação está organizada quando o utilizador escolhe a visualização por blocos, no exemplo, o bloco A tem no seu conteúdo a informação referente à especialidade de Arquitetura, e ainda o capítulo 21 de Instalações e Equipamentos de água. Esta é outra forma de organizar a informação.

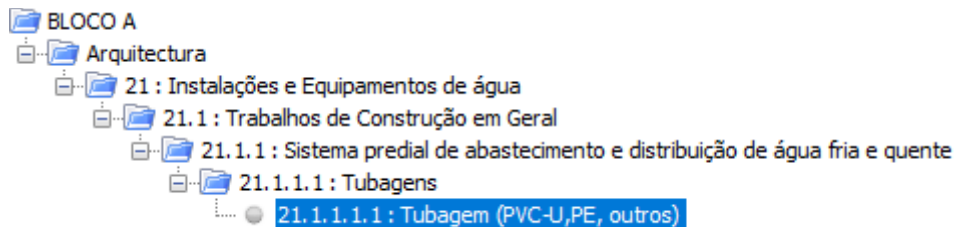


Figura 2.17 - Organização da informação por blocos

III. Capítulos

O primeiro nível de desagregação hierárquica de trabalhos é composto por 26 capítulos para as obras de edifícios e de 10 capítulos para as obras de infraestruturas rodoviárias. Esta divisão teve em conta os critérios estipulados nas regras de medição do LNEC (Jorge *et al.* 2012). Os capítulos referentes a cada tipo de obra estão descritos na Figura 2.18.

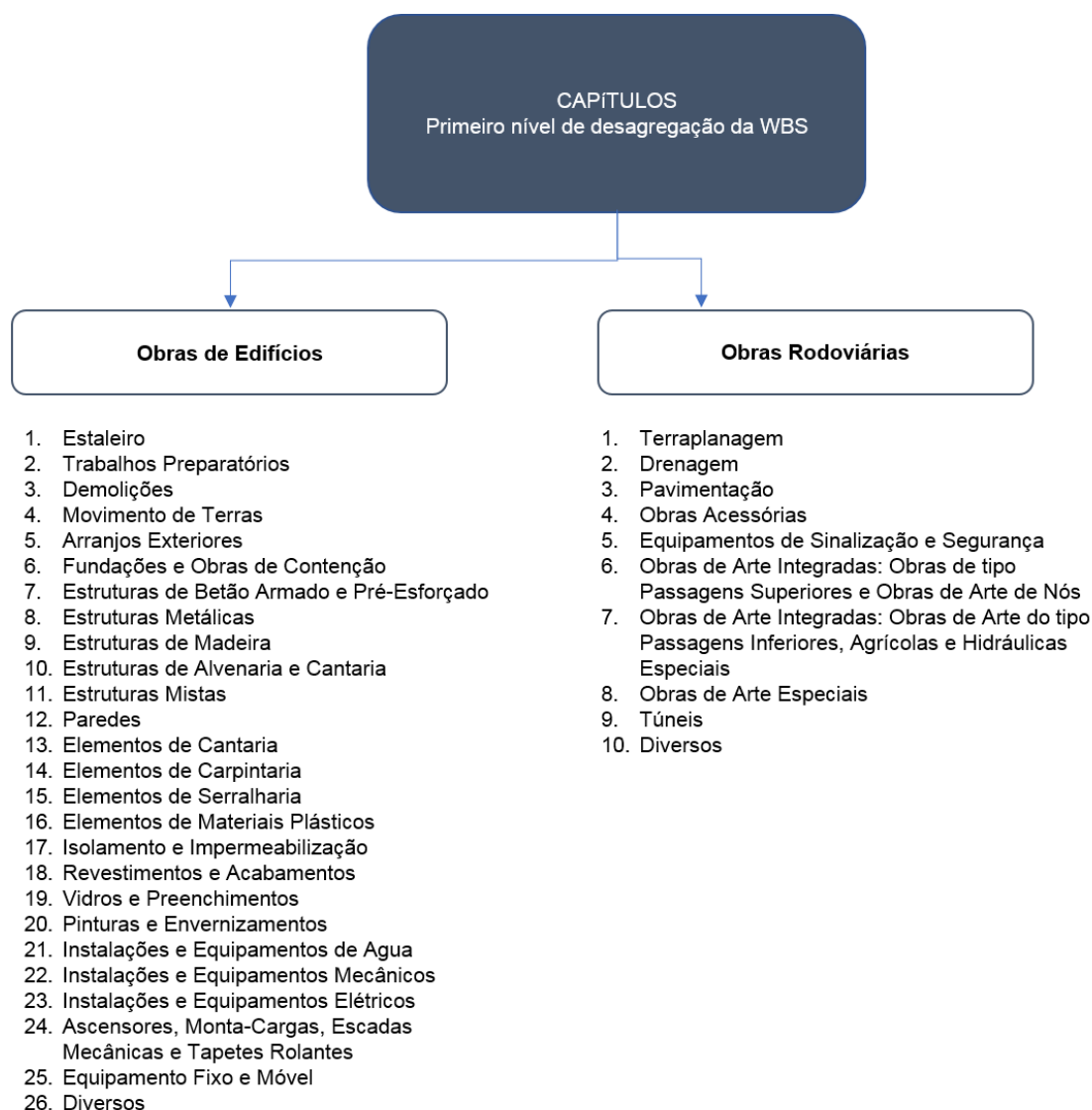


Figura 2.18 - Estrutura de Capítulos do ProNIC

O modelo adotado para os trabalhos de construção de Obra Nova para Edifícios está dividido em capítulos de acordo com os diferentes elementos e especialidades, enquanto que as Obras de Reabilitação apresentam a sua estrutura organizada segundo as diferentes técnicas de intervenção. Relativamente às obras de Infraestruturas Rodoviárias, adota-se o modelo de desagregação primária do Caderno de Encargos estabelecido pela IP, que divide as obras em grupos de trabalhos de estradas e posteriormente faz a adaptação do método de construção do articulado ao método utilizado para Obras de Edifícios (Inesctec 2008).

IV. Especialidades de Obra

As especialidades dizem respeito às diversas áreas de projeto que integram a construção. É através das especialidades de projeto que os trabalhos de construção são

inseridos nas UC existentes (CentroHabitat 2011).A Figura 2.19 apresenta as especialidades que são abrangidas.

Especialidade de Projeto
Estaleiro
Trabalhos Preliminares
Movimento de Terras e Contenções
Demolições
Estabilidade
Arquitetura
Instalações, equipamentos e sistemas de águas e esgotos
Instalações, equipamentos e sistemas de comunicações
Instalações, equipamentos e sistemas de AVAC
Instalações, equipamentos e sistemas de sistemas de gás
Sistema de segurança integrada
Gestão técnica centralizada
Instalações, equipamentos e sistemas de transporte de pessoas e carga
Condicionamento acústico
Espaços exteriores
Instalações, equipamentos de produção de energia renovável
Resíduos sólidos urbanos
Mobiliários e equipamento fixo e móvel
Plano de segurança e saúde em fase de projeto

Figura 2.19 - Especialidades de projeto contidas no ProNIC (Couto *et al.* 2011)

Antes de recorrer à divisão da obra é necessário definir o Modelo de Obra, sendo este definido pelo promotor, de acordo com o tipo de obra em causa e a organização pretendida. Integra as Unidades de Construção (UC) e as Especialidades de Projeto existentes. As especialidades de projeto são atribuídas às UC, em função da intervenção dos diversos projetistas nas mesmas. Não existe um modelo ou uma estrutura rígida para definição dos tipos de obras e das UC, ficando a cargo do utilizador a definição mais conveniente (CentroHabitat 2011).

As diferentes maneiras de agrupar e organizar a informação da obra permitem ao utilizador ter, de forma facilitada, a informação que deseja, de acordo com seus maiores interesses.

É importante referir que, segundo as disposições da Portaria 701-H/2008, o Caderno de Encargos faz parte das peças escritas do projeto de execução. Deste fazem parte dois tipos de cláusulas (Campos 2014):

- I. Cláusulas Administrativas ou Jurídicas – dizem respeito aos procedimentos e condições legais que regem a obra como as obrigações do empreiteiro e do dono de obra, o planeamento dos trabalhos, prazos e execuções;
- II. Cláusulas Técnicas - são documentos escritos compostos por informações gerais e especiais. As informações gerais estão relacionadas com normas, boas práticas de execução de trabalhos ou com a entrega de um determinado material. As especificações especiais variam consoante o projeto.

O ProNIC permite a cada interveniente acesso à sua área de atuação. A Figura 2.20 mostra a participação e as funções de cada um destes elementos na respetiva fase do projeto (IMPIC 2015)

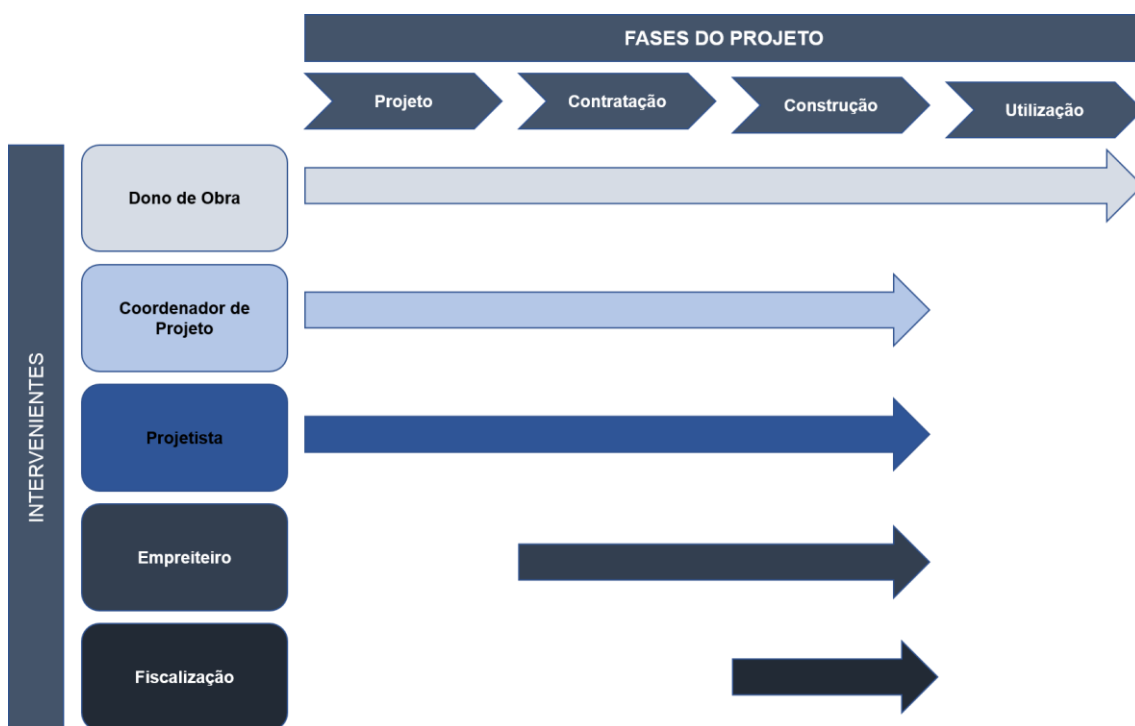


Figura 2.20 - Participação dos Intervenientes nas diferentes fases de um empreendimento (adaptado de IMPIC 2015)

De acordo com (IMPIC 2015) as principais funcionalidades da plataforma ProNIC são:

- I. Produção de mapas de quantidades de trabalho por especialidade ou do total do projeto com integração de todas as especialidades (MQT);
- II. Produção das condições técnicas gerais do caderno de encargos, enquadradas nos artigos utilizados;
- III. Selagem do projeto para entrega ao dono de obra;

- IV. Gestão da tramitação concursal- submissões durante o concurso (início do procedimento, esclarecimentos e Erros e Omissões);
- V. Atualização dos mapas na fase de erros e omissões;
- VI. Produção dos autos de medição contratuais;
- VII. Controlo do empreendimento através de indicadores de obra;
- VIII. Mecanismos de produção de indicadores transversais a um grupo de obras.

O ProNIC está organizado de forma a que seja gerada a documentação necessária como as Fichas de Execução e Trabalhos (FET) e as Fichas de Materiais (FMAT). A Figura 2.21 tem definidos os conteúdos referidos de cada uma das fichas.



Figura 2.21 - Fichas de Execução de Trabalhos (FET) e Fichas de Materiais (FMAT)

2.6 Interoperabilidade

A interoperabilidade é definida como a capacidade que um sistema possui de interagir com um ou mais sistemas, transmitir e receber informações de forma clara e inequívoca, apesar dos vários formatos e *softwares* existentes (Sousa *et al.* 2011). Os conteúdos devem ter a mesma interpretação, exata e idêntica, desde que são transmitidos por um *software* até chegar a outro. Do ponto de vista do fluxo de trabalho BIM, baseado na troca de informação entre os intervenientes do projeto, torna-se essencial que a interoperabilidade entre sistemas seja a mais completa possível.

É importante definir de forma mais rigorosa o conceito de interoperabilidade, com o objetivo de ser enquadrado no contexto da presente dissertação. Este conceito pode ser dividido nos seguintes tipos (Miller 1996; Ukoln 2004):

- I. Interoperabilidade sintática ou técnica: Abrange padrões de comunicação, de transporte, de armazenamento e de representação de informações (IFC, IFD, IDM);
- II. Interoperabilidade semântica: diz respeito ao significado da informação originada em diferentes sistemas;
- III. Interoperabilidade organizacional: relacionada com o contexto organizacional, procurando alinhamento entre processos e informações presentes na arquitetura corporativa;
- IV. Interoperabilidade política e humana: envolve a forma como a informação é disseminada ou se torna disponível na organização;
- V. Interoperabilidade intercomunitária: aborda o acesso a informações originadas em diferentes fontes, por organizações, especialistas e comunidades de natureza distintas;
- VI. Interoperabilidade legal: estabelece relações entre as exigências e as implicações legais de tornar a informação livre e amplamente disponível;
- VII. Interoperabilidade internacional: envolve a cooperação em escala internacional; a troca de informação inclui uma grande diversidade de padrões e normas, com problemas inerentes de comunicação por barreiras linguísticas.

O trabalho desenvolvido está enquadrado no âmbito da interoperabilidade semântica. Neste sentido, o interesse está direcionado para os conteúdos das informações e as suas relações, explorando o significado da informação, onde a informação se repete nos diferentes sistemas, como esta pode ser interligada e como se pode complementar a informação.

O IFC é o principal formato de troca pública de dados e é designado como um “formato universal para representação de produtos da construção e troca de dados entre sistemas” (Sousa *et al.* 2011).

De uma forma mais genérica, o formato IFC descreve a representação de dados que deve existir nos ficheiros, independentemente da aplicação usada para importar ou exportar a informação. O formato IFC atua desarticulando os objetos em componentes básicas: geometria, relações e propriedades. (SIGABIM 2011).

Para que a interoperabilidade seja executada de forma correta é necessário que exista uma normalização do processo de construção da informação nos moldes dos IFC's.

Os IFC's serão estudados de forma mais pormenorizada no âmbito do Capítulo 4, mais especificamente na secção 4.1 da presente dissertação.

Capítulo 3

Caso de Estudo

Modelação BIM e aplicação Pronic a uma superfície comercial

3.1 Considerações iniciais

O presente capítulo tem como objetivo aplicar num caso de estudo a modelação em BIM e ProNIC, de forma a avaliar as vantagens da sua utilização.

Inicialmente este estudo tinha como finalidade a modelação da rede de distribuição de águas e das redes de drenagem das águas residuais domésticas e pluviais. Após a análise da documentação fornecida e a deslocação ao local, percebeu-se que a rede de distribuição de águas não era suficiente para o desenvolvimento deste trabalho, e, ainda que existisse a documentação da mesma, esta estaria desatualizada e existiriam também dificuldades na interpretação da rede no campo. Neste sentido decidiu-se modelar a rede de combate a incêndios, nomeadamente a rede de *sprinklers*, visto que havia a quantidade de informação necessária para o desenvolvimento da mesma.

Neste capítulo, numa primeira fase será descrito o trabalho desenvolvido referente à modelação em BIM onde se justifica a escolha do *software*, o seu funcionamento, a divisão do trabalho e se explica como o modelo BIM foi desenvolvido. Nesta fase o projeto foi transferido as vezes necessárias para um outro *software*, de forma a que se minimizasse os erros no modelo.

Numa segunda fase, será aplicado o conteúdo referente à modelação da rede de incêndio proveniente do BIM no ProNIC onde serão apresentados todos os procedimentos que conduziram à obtenção dos resultados obtidos. análise.

As modelações realizadas, aliadas ao estudo da temática do BIM e do ProNIC permitirão que seja apresentada, no capítulo 4, a proposta de metodologia que as interliga.

3.2 Descrição do Caso de Estudo

O caso de estudo está inserido no Centro Comercial Colombo localizado na freguesia de Carnide, em Lisboa. Encontra-se situado junto à Avenida Lusíada e à Segunda Circular e foi inaugurado a 15 de setembro de 1997.

Tanto a arquitetura como a decoração deste espaço foram adaptadas à época dos descobrimentos portugueses, período importante na história de Portugal. As praças e as ruas interiores do centro têm nomes alusivos à época quinhentista.

As Torres do Colombo, representadas na Figura 3.1, são integrantes do Centro Comercial. O Centro Comercial Colombo tem 119 725 m² e 340 lojas e é considerado o maior centro comercial da Península Ibérica (SonaeSierra 2017).



Figura 3.1 - Edifício em estudo – Centro Comercial Colombo

O trabalho foi desenvolvido no âmbito do protocolo entre o LNEC e a empresa Sonae Sierra, e teve como foco o parque de estacionamento do Centro Comercial. O parque de estacionamento é formado por três pisos e dividido por quatro zonas representadas pela cor vermelha, azul, laranja e verde. A zona correspondente ao caso de estudo é a zona vermelha (Figura 3.5), junto ao hipermercado e o trabalho será desenvolvido nos três pisos de estacionamento.

O trabalho foi realizado apenas na zona vermelha uma vez que a empresa tem interesse de ter o levantamento desta zona para eventuais futuros trabalhos que vão ser realizados na zona modelada.

3.3 Modelação em 3BIM

A primeira tarefa desenvolvida prendeu-se com a escolha do *software* BIM utilizado devendo este ser adequado às necessidades da modelação. Após uma análise acerca de *softwares* disponíveis no mercado, observou-se que o que mais se adequava ao tema da presente dissertação era o Revit. Este *software* é o mais utilizado e o mais completo a nível de especialidades, tendo as características necessárias no que diz respeito às funcionalidades e necessidades de representação de forma completa relativamente à rede de incêndio (Autodesk 2010). Assim, este *software* foi o escolhido para a modelação deste trabalho.

O Revit, designação que advém da conjugação dos termos *Revise Instantly* (revisão instantânea), surgiu em 1997 por um grupo de técnicos que desenvolveu um novo programa informativo específico para a conceção de edifícios. Este programa assentava no uso de uma base de dados que descreve todos os objetos que compõem um edifício, a qual “alimenta” de forma paramétrica a representação dos diferentes objetos. Desde o seu aparecimento em Portugal em 2002, o *software* tem sofrido inúmeras atualizações. Começou por ser um programa direcionado apenas à componente arquitetónica da construção, mas atualmente já se encontra dividido em três programas de modo a permitir o desenvolvimento de projetos no âmbito das outras especialidades. Deste modo o Revit original passou a designar-se *Revit Architecture* (projeto de Arquitetura) *Revit Structure* (projeto de Estruturas) e *Revit Mep* (projeto de Instalações) e encontram-se compilados numa aplicação única (Autodesk 2010).

O Revit utiliza a extensão RVT para armazenar seus arquivos. Os componentes paramétricos, também chamados de famílias, são guardados no formato RFA.

Após a escolha do *software* e antes de se iniciar o trabalho foi escolhido o template. O template é definido como uma base de configuração que inclui tipos e espessuras de linha, blocos (famílias), configurações de materiais e de visualização, adequado às diferentes especialidades. Existem templates disponibilizados pelo *software* ou existe a possibilidade de cada utilizador criar o seu próprio template.

Ainda numa fase inicial foi também importante perceber como os comandos do Revit se encontravam organizados. Existem duas funcionalidades que servem de base a todo o trabalho que será desenvolvido designadas como *project browser* e *properties*. A primeira funcionalidade, o *project browser* permite organizar as vistas do projeto, dividi-las e denomina-las como o utilizador pretender. A segunda funcionalidade, as *properties*, permitem ao utilizador saber toda

a informação sobre um objeto ou família. Na Figura 3.2 estão apresentadas estas duas funcionalidades.

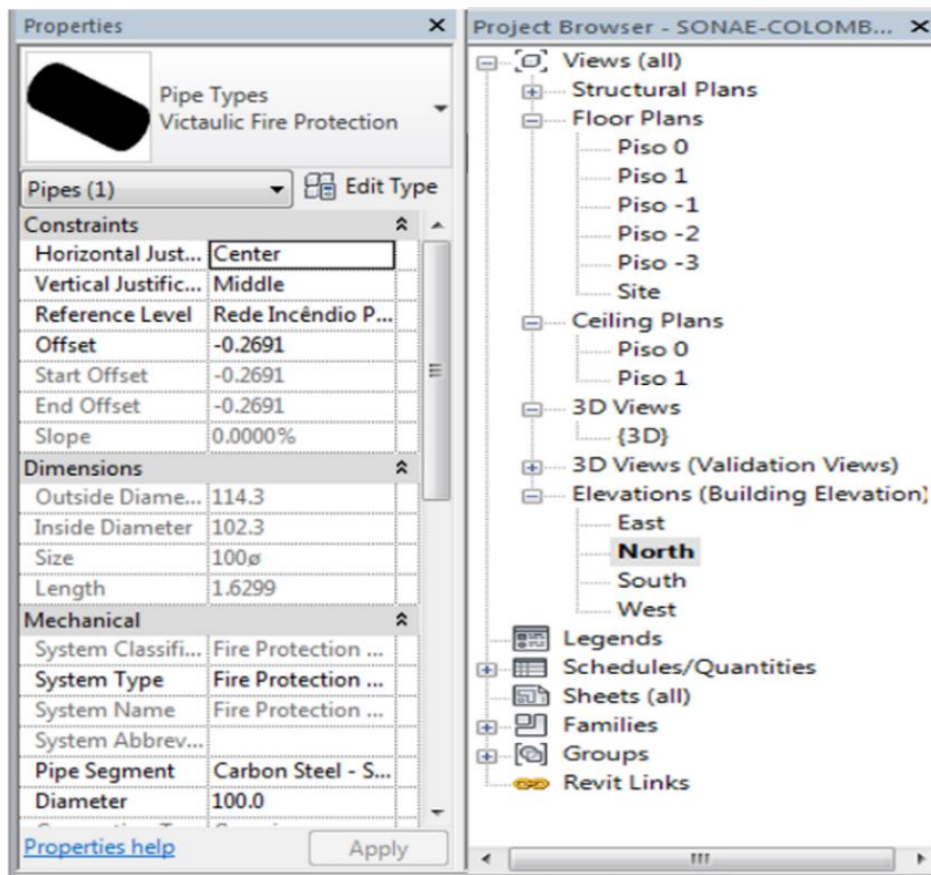


Figura 3.2 - Funcionalidades no Revit

O início da modelação BIM teve como ponto de partida o desenvolvimento de uma grelha, denominada *Grid*. Esta *Grid* tem como objetivo servir de auxílio a todas as especialidades. A *Grid*, apresentada na Figura 3.3, é criada apenas uma vez de acordo com as necessidades do utilizador. Após a sua criação ela é importada para os diferentes ficheiros que o utilizador criar. Neste sentido torna-se possível fazer coincidir todas as especialidades sem que existam desfasamentos na posterior compatibilização das mesmas.

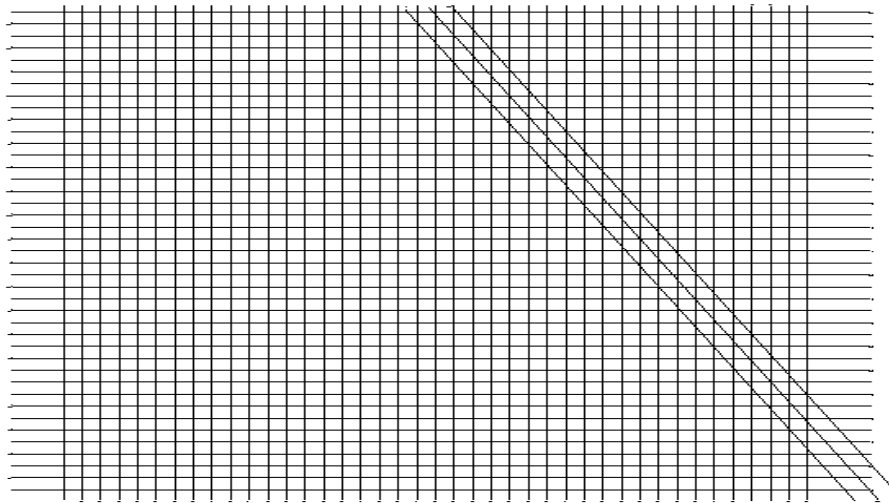


Figura 3.3 - Grelha comum às especialidades

Concluída a *Grid* começou-se por marcar os níveis num dos quatro alçados disponíveis, representado no project browser. Para tal consultou-se as plantas em PDF que foram fornecidas pela empresa. A Figura 3.4 demonstra os níveis criados e as respetivas cotas que os representam.

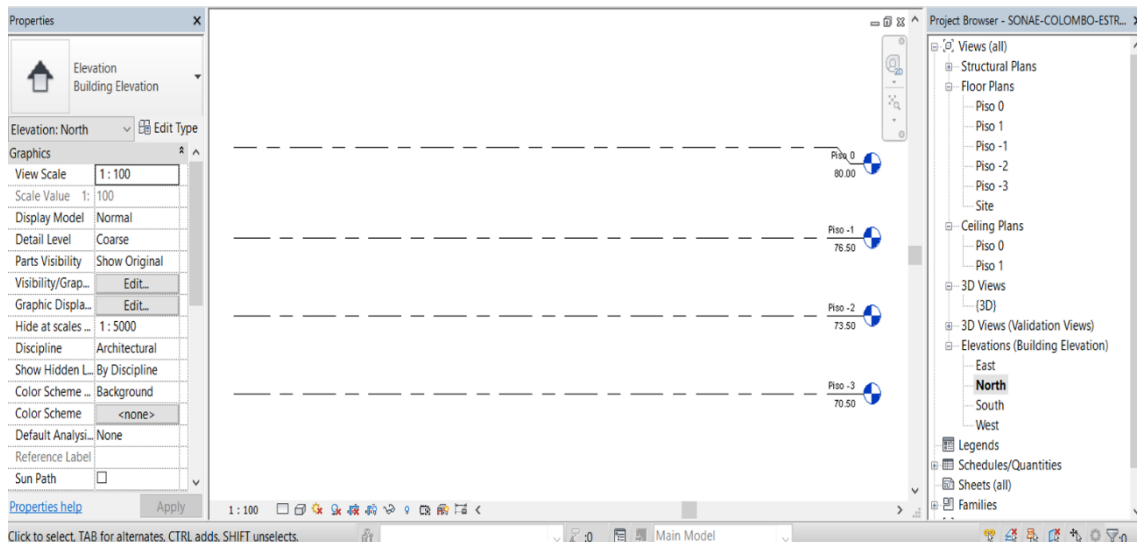


Figura 3.4 - Níveis correspondentes às cotas dos pisos

Foram disponibilizadas, além das plantas em PDF as plantas arquitetónicas e estruturais dos pisos do estacionamento. A Figura 3.5 mostra a planta CAD, a área que foi intervencionada e as cores que subdividem o parque.



Figura 3.5 - Planta CAD e áreas e zona intervencionada

As plantas CAD foram importadas através da funcionalidade *import link*, de modo à modelação poder ser realizada com base nas mesmas.

Um ponto importante na modelação em Revit passa por ter a informação referente às famílias dos objetos bem organizada e completa de modo a simplificar o trabalho de modelação. Este procedimento é o mais moroso e é um processo exaustivo. No caso de algumas especialidades, como a estrutura e a arquitetura, o Revit já disponibiliza famílias básicas de objetos sendo possível ao utilizador alterar as dimensões replicando a informação. No entanto, se em qualquer especialidade a família pretendida não exista é possível importar objetos e famílias específicas ou até mesmo cria-las e ainda, descarrega-las dos *sites* dos fabricantes quando disponíveis.

No caso concreto do trabalho, os objetos disponibilizados pelo Revit para a especialidade de estruturas estavam de acordo com as necessidades e com os objetivos, apenas foi necessário alterar as dimensões dos pilares. Na especialidade de arquitetura o único objeto que não correspondia era a porta. As portas disponibilizadas pelo Revit não se adequavam as necessidades tendo por isso sido necessário recorrer à biblioteca BIM, denominada *BIM Objects*, para descarregar os objetos pretendidos. Na especialidade de incêndio os objetos disponíveis eram muito escassos e muito genéricos, que ao contrário da especialidade de estruturas não podiam ser modificados quanto às dimensões. Neste caso procurou-se encontrar a marca das tubagens que constituíam a rede de incêndio que correspondiam à *Vitaulic*, podendo-se assim, ir ao site deste fabricante e descarregar a família das tubagens.

Dividiu-se o modelo em vários projetos, conforme apresentado na Figura 3.6.

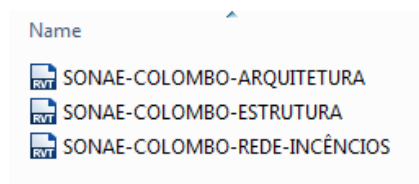


Figura 3.6 - Divisão dos projetos

O primeiro projeto diz respeito à Estrutura onde foram modelados os pilares estruturais, as paredes exteriores, as caixas dos elevadores, os poços das escadas, as lajes e as rampas. Esta modelação foi realizada apenas com auxílio à importação da planta CAD. Uma vez que o objetivo deste trabalho incidia sobre as especialidades de incêndio, os elementos estruturais, não foram aprofundados no que diz respeito às suas características. Os objetos do projeto de estruturas têm apenas a informação que os classifica como elementos estruturais e quais as suas dimensões.

Ainda nesta parte do projeto salienta-se que foi necessário modelar também a laje do piso 0, isto porque foi necessário ligar os elementos estruturais do piso -1 a um outro objeto, neste caso a laje do piso 0. Esta ligação foi feita com auxílio a um comando que permite escolher o tipo de ligação, por exemplo, quando se coloca um pilar, o Revit disponibiliza uma opção onde é possível dizer onde é se quer ligar o pilar, se ao piso superior, ou se se pretende colocar uma altura para o mesmo, sem que este esteja ligado a outro piso.

A Figura 3.7 evidencia de forma clara, delineado a preto, o comando que diz respeito a essa funcionalidade.

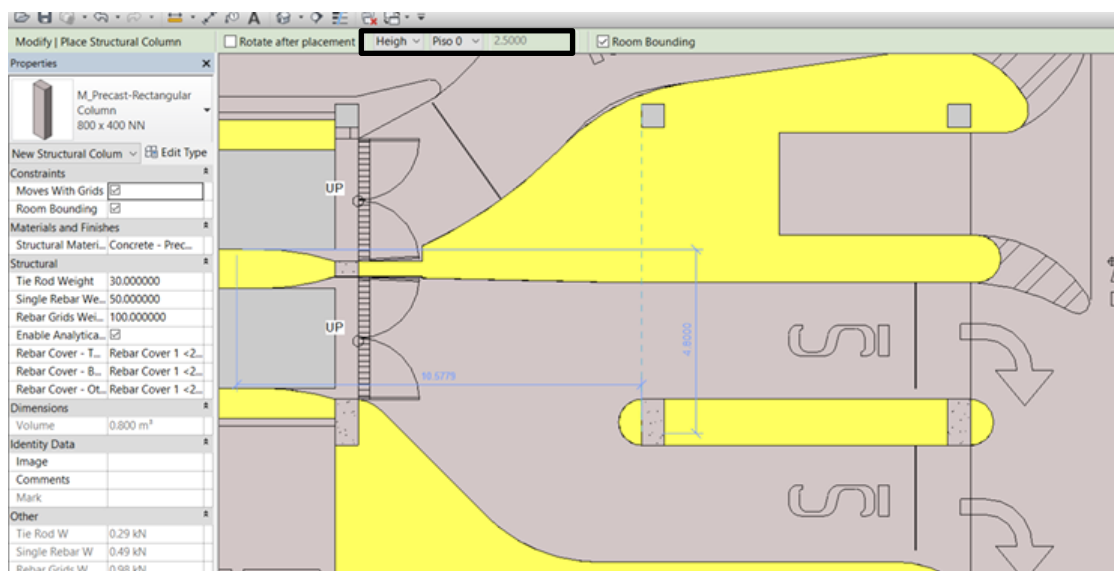


Figura 3.7 - Ligação de um pilar

Neste caso a opção escolhida possibilita, que a qualquer altura, se o utilizador tiver que alterar a cota de um nível, os elementos que se encontram conectados assumirão automaticamente a nova cota.

O modelo final referente à parte da estrutura está apresentado na Figura 3.8 onde se pode visualizar as lajes, os pilares, as rampas e as paredes que nesta fase foram modeladas.

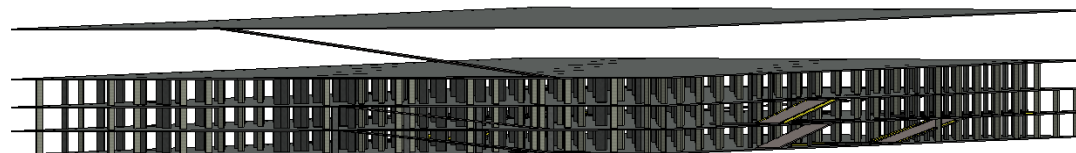


Figura 3.8 - Modelo Estrutural

A segunda parte do trabalho refere-se ao projeto de arquitetura onde estão incluídas as restantes paredes, as portas do parque de estacionamento, as linhas dos estacionamento, as setas de direção e os passeios. Nesta fase do trabalho foram realizadas várias visitas ao local visto que a informação contida nas plantas não correspondia totalmente ao existente. Neste sentido, fez-se o levantamento inicialmente através da planta CAD importada e posteriormente percorreu-se toda a área em estudo onde foram feitas correções ao projeto e acrescentados novos elementos para que o modelo ficasse totalmente atualizado. Ainda nesta fase, utilizou-se como auxílio um medidor de distância a laser.

Dado que foi sujeito a alterações, o parque de estacionamento apresenta zonas novas nomeadamente no piso -1 e no piso -3. A Figura 3.9 apresenta o modelo de Arquitetura completo, já com as alterações a que o parque foi sujeito modeladas.

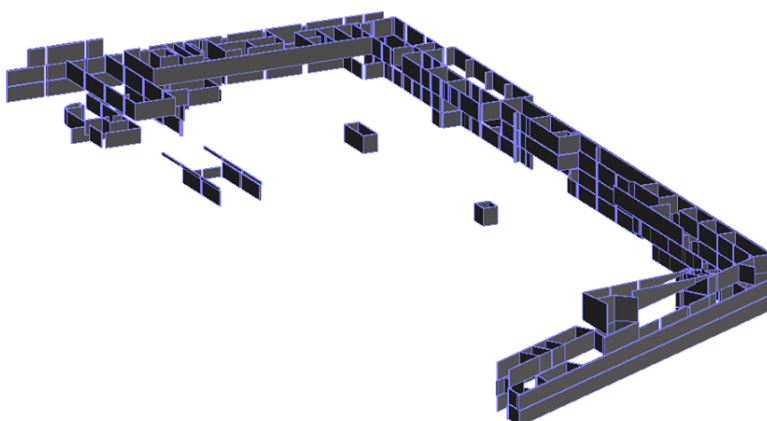


Figura 3.9 - Modelo de Arquitetura

A terceira especialidade a ser desenvolvida foi rede de incêndio. Todo o trabalho aqui desenvolvido teve como auxílio, uma vez mais, o aparelho de medição a laser e foi desenvolvido no parque de estacionamento com o objetivo de modelar tudo à vista, dado que as plantas se encontravam desatualizadas. Foram utilizados objetos pertencentes à família da *Vitaulic*, e a modelação teve início num canto tendo sido percorrida toda a área a modelar. Nesta fase foram encontradas algumas dificuldades enumeradas nos pontos seguintes:

- I. Tubagens desativadas sem continuidade na rede;
- II. Tubagens a entrar para anexos de lojas que obrigou à intervenção de um técnico da manutenção que pudesse acompanhar o trabalho modelado nas respetivas áreas;
- III. Modelação muito demorada. O levantamento por ter sido feito toda a vista e no campo, foi necessário interromper o trabalho para colocar o computador a carregar;
- IV. Ressaltos devido ao cruzamento da rede com redes de outras especialidades;
- V. Ainda que a família disponibilizada fosse muito completa, no que diz respeito aos acessórios em forma de cotovelo apenas estavam disponíveis os ângulos de 45° e 90°.

Muitos ressaltos apresentavam ângulos diferentes dos referidos anteriormente, mas ainda assim foi possível modelar de forma correta. Para tal, o Revit disponibiliza os acessórios necessários num tipo normalizado permitindo desta forma que a rede se apresentasse com os ângulos reais. A diferença está na definição das propriedades, enquanto um elemento da *Victaulic* já tem todas as propriedades inseridas, os elementos normalizados requerem que sejam introduzidas as propriedades necessárias pelo utilizador.

Este procedimento foi repetido para os três pisos do estacionamento, dado que as redes eram diferentes de piso para piso. A Figura 3.10 mostra a modelação da rede de incêndio dos 3 pisos.

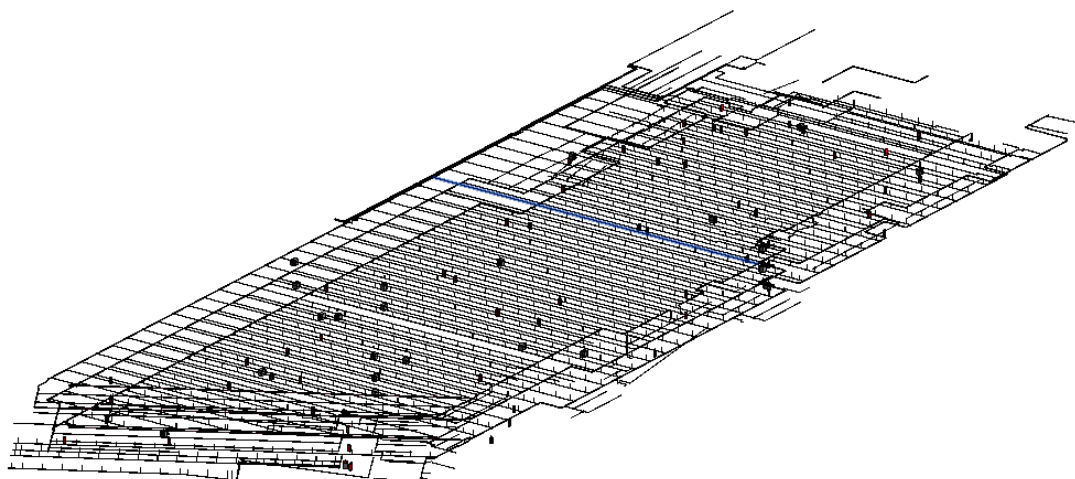


Figura 3.10 - Rede de Incêndio dos pisos -3, -2 e -1

No final, de forma a obter um modelo único, as diferentes especialidades, desenvolvidas em separado, foram compiladas num só projeto. A Figura 3.11 apresenta o modelo final, com as especialidades todas desenvolvidas.

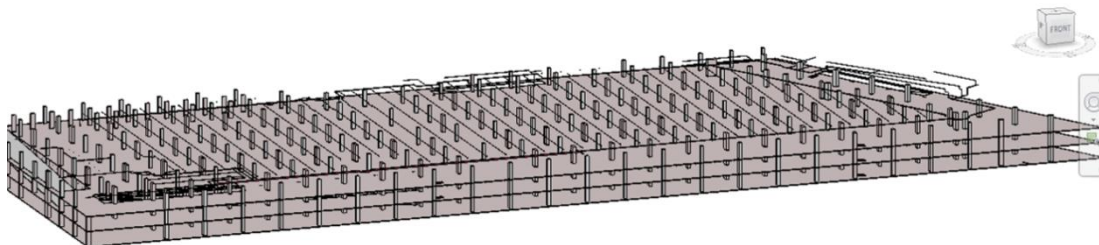


Figura 3.11 - Modelo Final

Ao obter um modelo único é possível visualizar o projeto completo de uma forma tridimensional, à semelhança da realidade. No entanto apenas poderão ser feitas alterações no projeto que está aberto. Outra vantagem de utilizar este *software* é que a qualquer altura, o utilizador poder gerar mapas de quantidades e organizar a informação da forma que achar mais pertinente. Também torna possível saber todas as características de um determinado objeto e sempre que necessário, acrescentar informação que torne o modelo ainda mais completo.

Uma vez terminada a modelação das especialidades anteriormente referidas e tendo sido o trabalho realizado com recurso maioritariamente à interpretação à vista foi necessário recorrer a um outro *software*, o NavisWork.

O NavisWork é um *software* que permite fazer a gestão do projeto e a deteção de possíveis erros que possam existir. De uma forma mais concreta e objetiva, permite detetar erros, gerar quantidades, fazer o planeamento, bem como tornar o projeto num modelo animado com fácil navegação no mesmo. Este *software* permite fazer a gestão dos projetos, mas não apenas daqueles que se encontram no formato Revit. Existem outros formatos que podem ser analisados tornando o NavisWork uma tecnologia da informação capaz de contornar erros.

No caso do trabalho desenvolvido faz todo o sentido recorrer à ferramenta de *clash detective* (deteção de erros). Esta ferramenta permite que sejam avaliados e compatibilizados os erros que existam no modelo. Estes erros podem ser devido ao utilizador/modelador, que colocou um elemento num local errado, com a cota errada, com um ângulo errado, por exemplo ou ainda devido a um levantamento em campo com pequenos erros percutindo erros maiores.

Para tal, após concluída a modelação no Revit, foram importadas as diversas especialidades através do comando *Append*. Este comando permite sobrepor todos os ficheiros para que a informação possa ser interligada e cruzada para se poder por em prática as funcionalidades do NavisWork e melhorar ao máximo todo o trabalho desenvolvido.

Antes de se proceder ao cruzamento das diferentes especialidades, procurou-se numa primeira fase resolver os erros apresentados pelas especialidades individualmente como exemplificado na Figura 3.12. Dentro da especialidade de Arquitetura foram cruzadas as paredes com as linhas de estacionamento. e com a opção *Run-Test*, foi possível avaliar os erros existentes. Repetiu-se o mesmo procedimento para todos os elementos de uma forma individual e no final, compatibilizaram-se todas as especialidades.

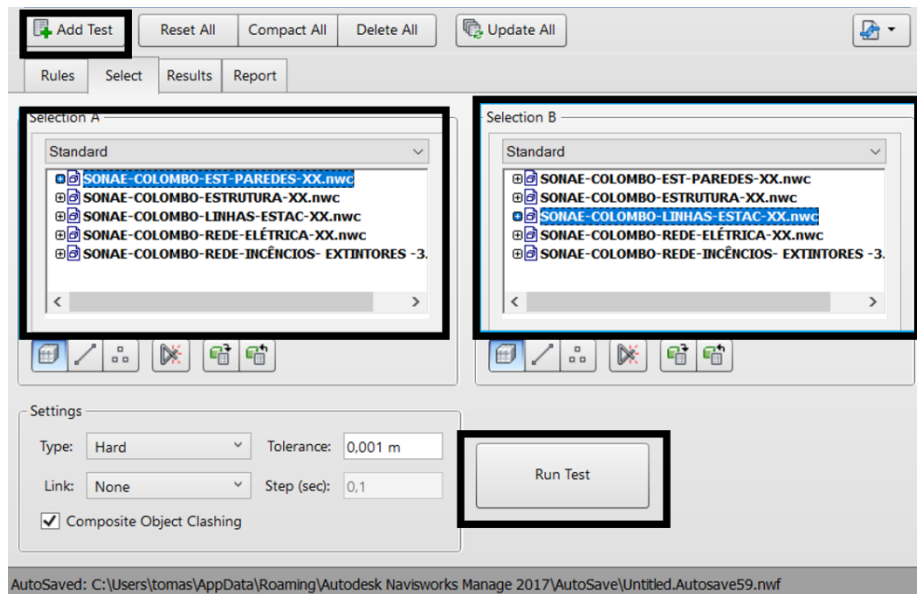


Figura 3.12 - Detecção de erros

Depois de correr o teste foi gerada, automaticamente, uma janela que apresenta a quantidade de erros representada na Figura 3.13. No primeiro cruzamento foram detetados 96 erros, denominados por *Clash*. É importante referir que os erros apresentados são o dobro dos erros que existem, uma vez que o *software* assume como erro o pilar a interseção a viga e a mesma viga a interseção com o mesmo pilar, por exemplo. Outro pormenor importante é que se teve em conta foi que existem certo tipo de erros que não são detetados pelo *software* como é, por exemplo, o caso de uma tubagem que pode não ter continuidade, mas que como não interseção nenhum outro elemento o erro não fica claramente visível. Com vista a evitar que erros deste tipo fiquem por resolver é importante além de utilizar esta funcionalidade, o utilizador também navegue no modelo de forma a encontrar todos os erros que não são detetados para obter um modelo final o mais correto possível de forma a minimizar os erros e os custos na fase de construção.

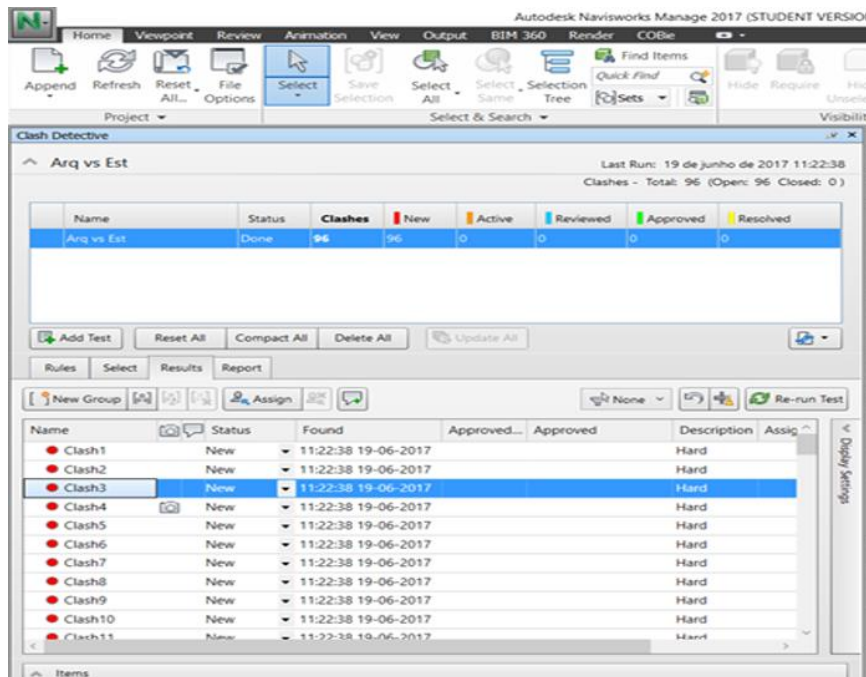


Figura 3.13 - Quantidade de erros apresentados

O NavisWork permite também visualizar o erro detetado para permitir ao utilizador como o pretende corrigir. A Figura 3.14 apresenta um exemplo de um erro obtido pela *Clash detect*, que diz respeito ao *Clash 3* e *Clash 4*, onde o vermelho representa a parede e o verde representa a rampa. Acontece que estes dois elementos estão coincidentes e o utilizador tem que resolver essa incompatibilidade.

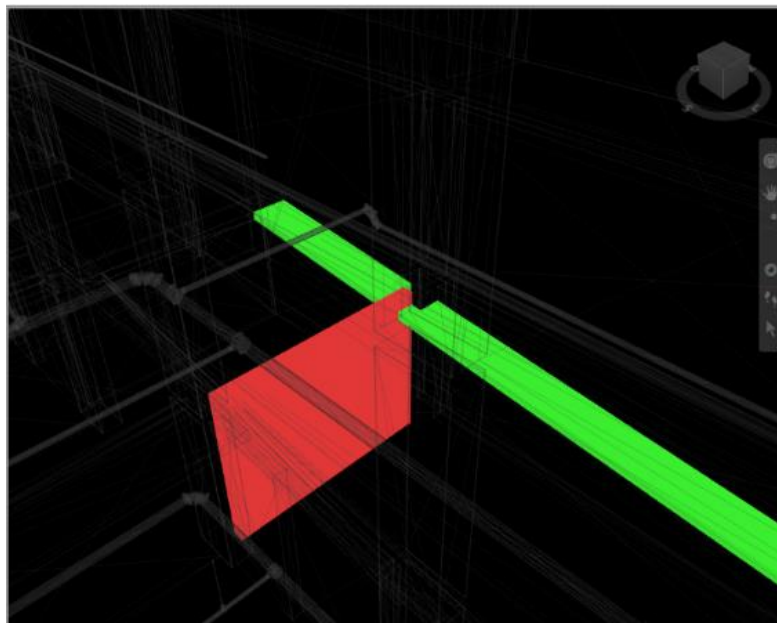


Figura 3.14- Visualização do erro detetado

Na verdade, o *Clash 3* apresenta exatamente o mesmo erro que o *Clash 4* pois no primeiro, o *software* considera que a rampa está modelada corretamente e que a parede está incorreta, e no segundo acontece o oposto, sendo a rampa o elemento modelado incorretamente e a parede corretamente. Este tipo de visualização permite ao utilizador decidir, como resolver o erro. Neste caso, apenas foi necessário alterar o elemento pretendido no Revit, salvar o ficheiro como o mesmo nome e atualizar a informação no NavisWork onde automaticamente esta foi atualizada a informação.

Todo o trabalho desenvolvido foi sujeito à deteção de erros. As restantes funcionalidades do *software* não foram abordadas no desenvolvimento do caso de estudo.

Nas Figuras 3.15 à 3.21 são apresentadas as semelhanças entre o modelo real e o modelo BIM para que sejam visíveis as semelhanças que existem entre ambos.

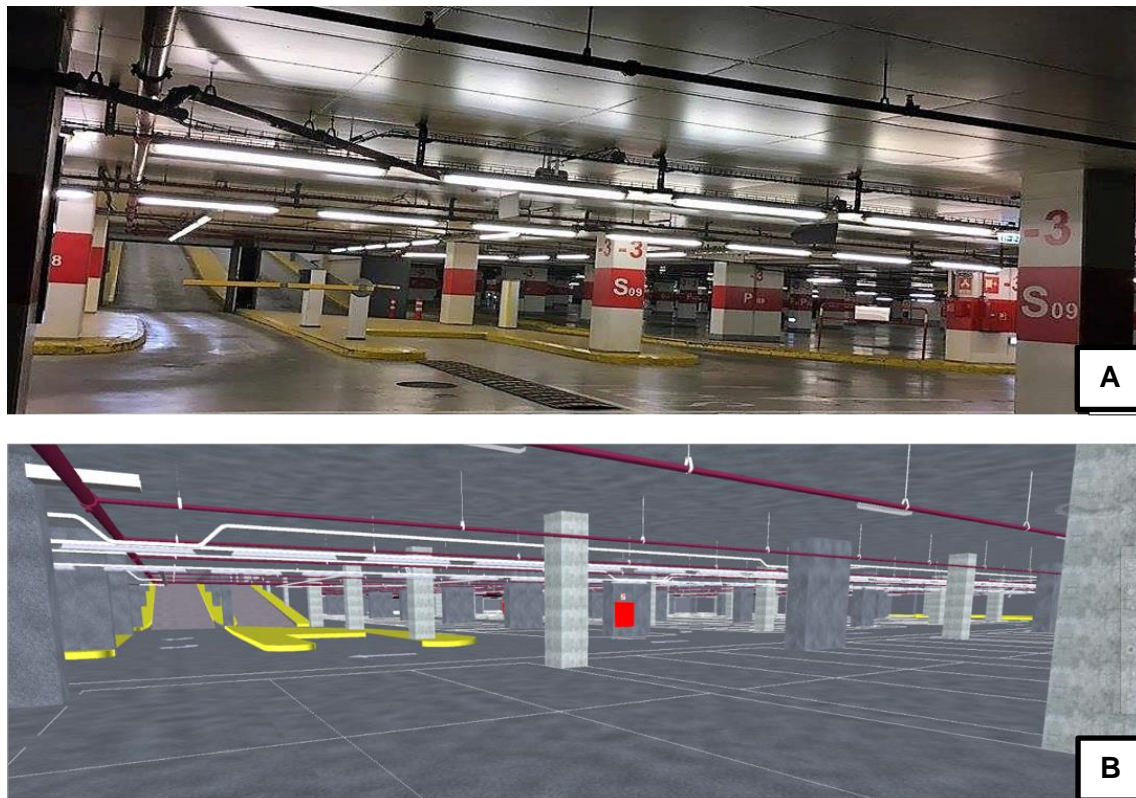


Figura 3.14 - Vista geral do parque de estacionamento: (A) Real; (B) Modelo

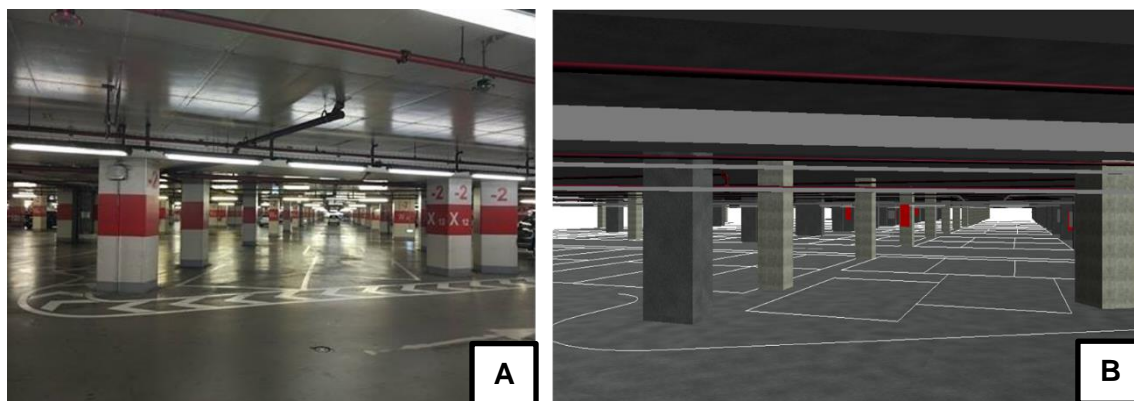


Figura 3.15 - Tubagem: (A) Real; (B) Modelo

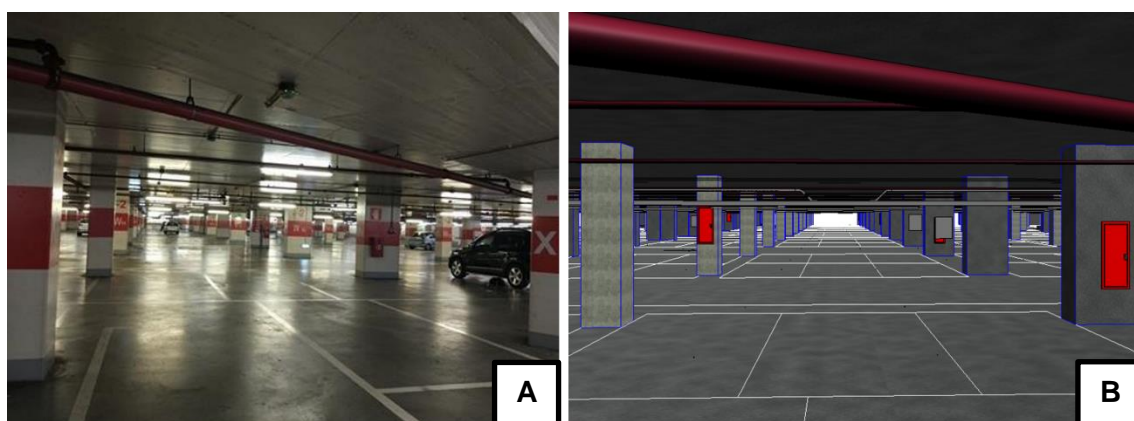


Figura 3.16 - Pormenor estacionamento: (A) Real; (B) Modelo

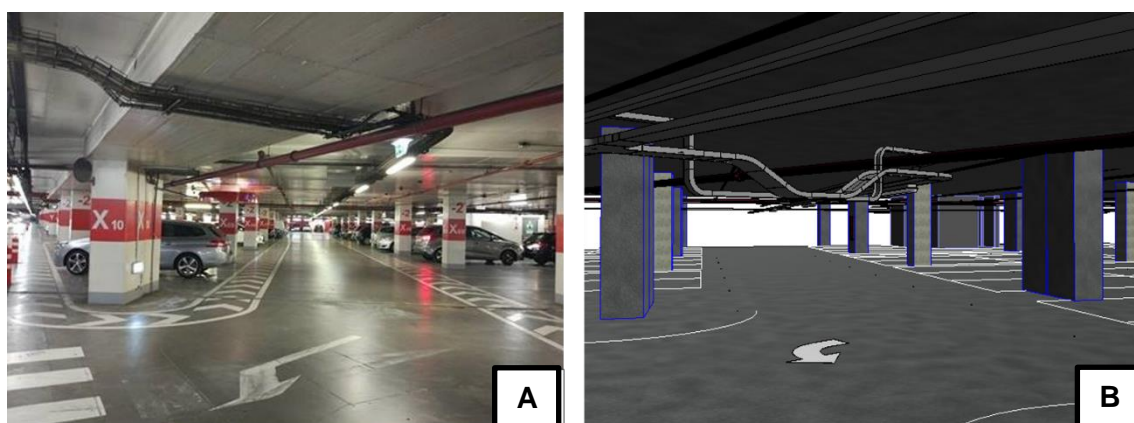


Figura 3.17 - Pormenor setas de direção: (A) Real; (B) Modelo

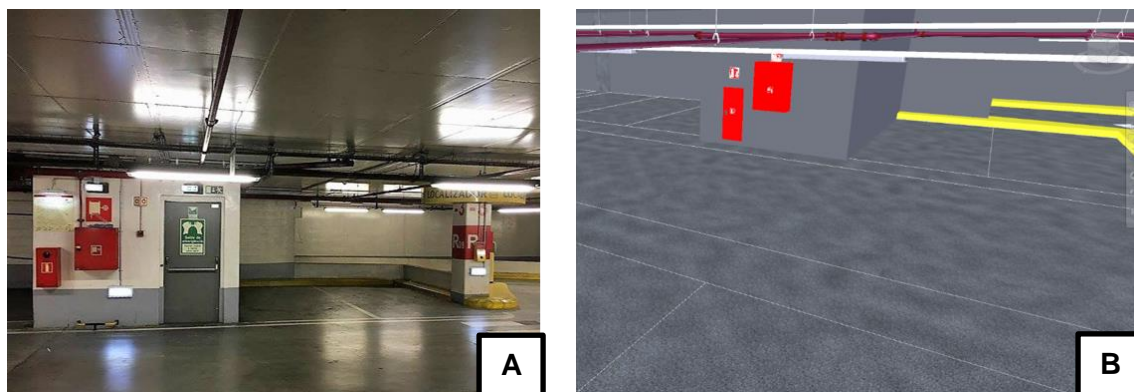


Figura 3.18 - Pormenor do Extintor e do Carretel: (A) Real; (B) Modelo



Figura 3.19 - Pormenor das Linhas de Direção e pilar: (A) Real; (B) Modelo

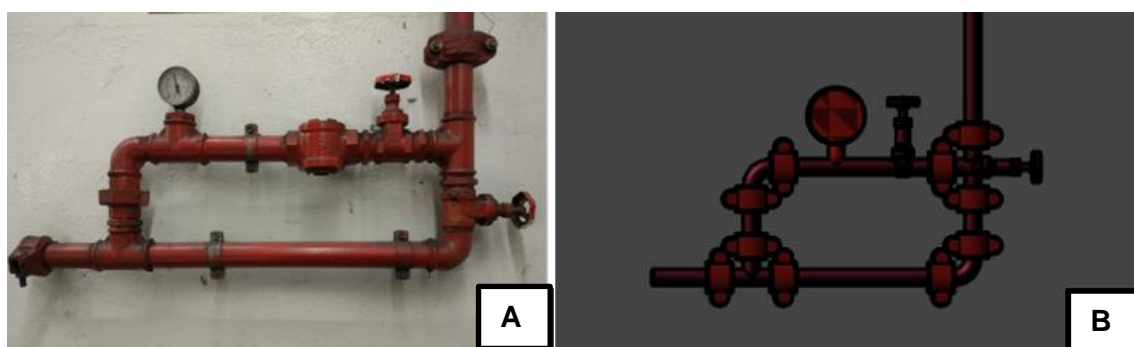


Figura 3.20 - Manómetros: (A) Real; (B) Modelo

3.4 Modelação em ProNIC

No início da modelação definiram-se os elementos que iam constar no ProNIC. Tratando-se da rede de combate a incêndios foram escolhidos gerar os artigos correspondentes a:

- I. Tubagem de Aço Galvanizado;
- II. *Sprinklers*;
- III. Bombas;
- IV. Válvulas.

Na modelação em BIM teve-se em consideração o material e o diâmetro das tubagens, o tipo de *sprinklers*, o tipo de bombas e de válvulas. De acordo com estas características a modelação em ProNIC respeitou o mesmo padrão de informação. As informações sobre estes elementos são explicadas nas secções seguintes.

A primeira tarefa a ser realizada é gerar uma obra nova, inserida dentro do capítulo dos Edifícios, onde são definidos o promotor, o tipo de obra em estudo e a organização pretendida, como apresentado na Figura 3.22.

Utilizar Modelo de Obra		
Description		
Modelo Exemplo		<input type="checkbox"/>
Modelo PE 1		<input type="checkbox"/>
Modelo PE 2		<input type="checkbox"/>
Modelo Monserate		<input type="checkbox"/>
Modelo de Garcia de Orta		<input type="checkbox"/>
Modelo Edifício Escolar_F3		<input checked="" type="checkbox"/>
Edifício - Várias UC		<input type="checkbox"/>
Modelo PE 1 especialidade		<input type="checkbox"/>
Modelo PE 3 especialidades		<input type="checkbox"/>
Modelo Prestação de Serviços		<input type="checkbox"/>

Figura 3.21 - Parâmetros a definir para a Nova Obra

A segunda tarefa foi criar a Unidade de Construção (UC) e associar uma especialidade. Optou-se por organizar a obra num bloco único que continha toda a informação necessária. A Figura 3.23 mostra com clareza que a UC criada diz respeito a um bloco genérico denominada como Centro Comercial Colombo e a especialidade associada é a especialidade de “Instalações, Equipamentos e Sistemas de Águas e Esgotos”.

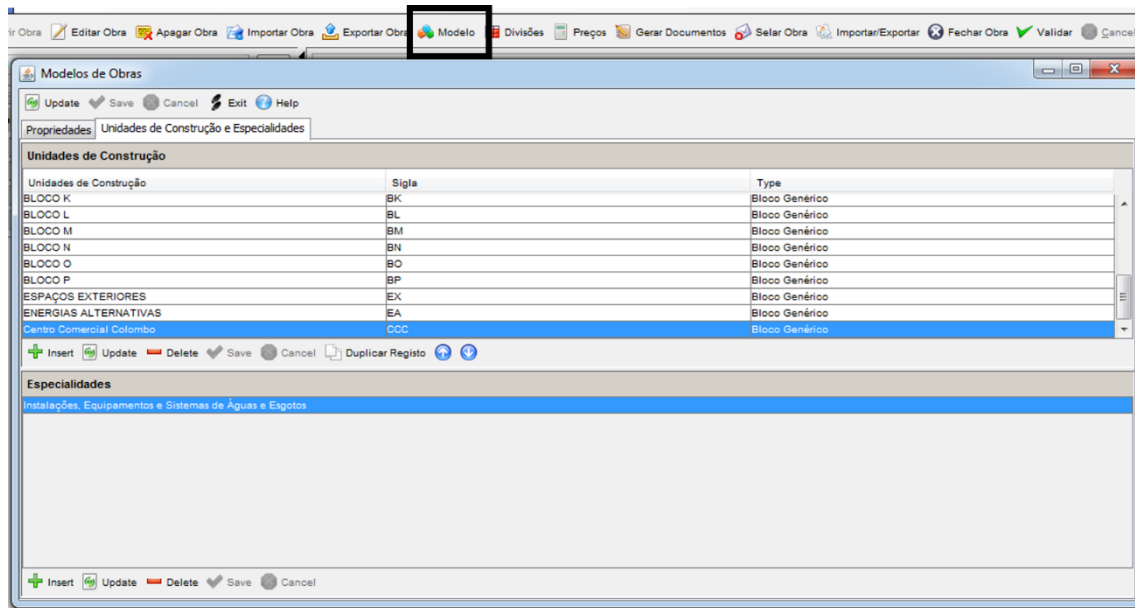


Figura 3.22 - Especialidades das Unidades de Construção

Após definidos os parâmetros apresentados anteriormente e antes da construção dos artigos foi necessário escolher o tipo de organização pretendida. A Figura 3.24 mostra as diferentes formas de como o utilizador pode organizar a informação e qual a opção escolhida nesta fase da modelação.

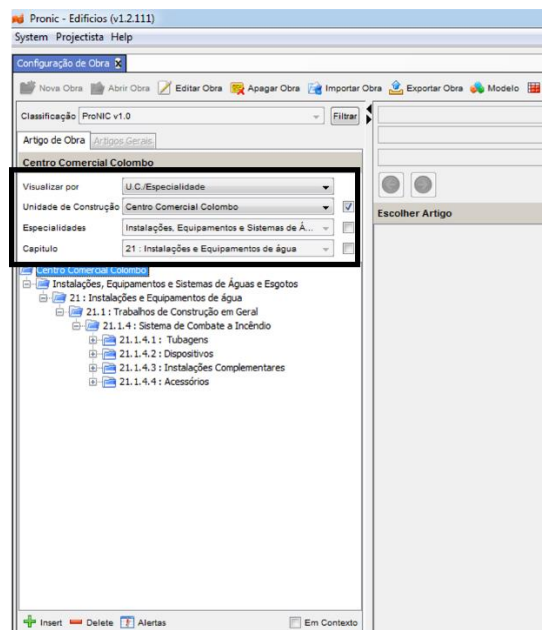


Figura 3.23 - Tipos de visualização

A inserção dos artigos teve como ponto de partida a escolha no articulado do nível de desagregação dos trabalhos de construção. Como o presente trabalho se encontra inserido na

especialidade de instalações prediais, o capítulo correspondente e por isso escolhido foi o capítulo 21 – Instalações e Equipamentos de Água.

Depois de selecionado o capítulo escolheram-se os níveis de desagregação que se seguiam, como está representado na Figura 3.25. Esta aplicação direciona o utilizador de forma a organizar a informação necessária e a auxiliar na descrição completa dos trabalhos.

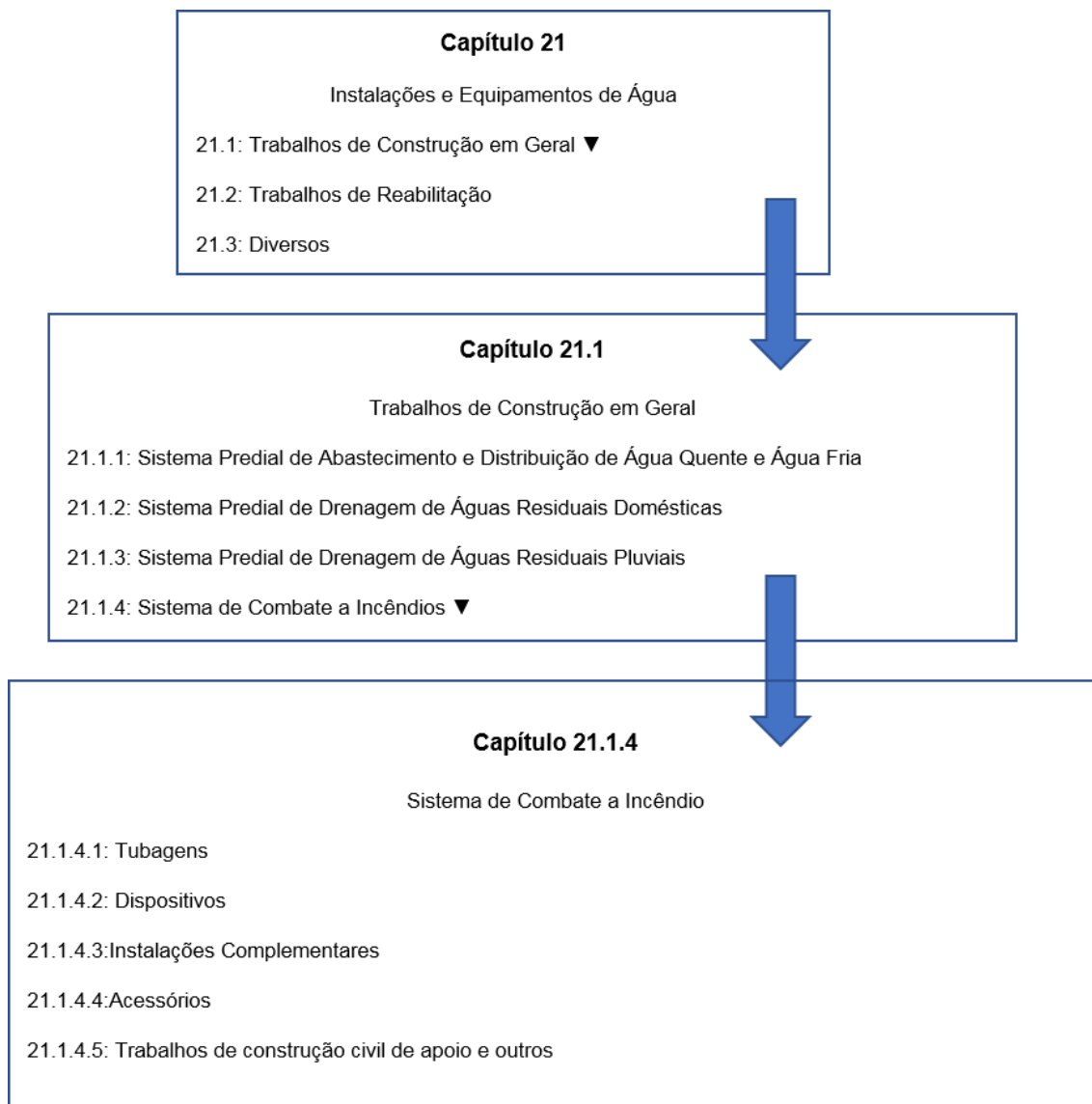


Figura 3.24 - Capítulo referente às instalações e equipamentos de águas

A partir do subcapítulo 21.1.4 é definido um novo subcapítulo que corresponde a cada elemento modelado. As diferentes iterações são apresentadas nas seções que se seguem.

3.4.1 Tubagem de Aço Galvanizado

Os materiais das tubagens existentes são de Aço Galvanizado, e têm diâmetros de 1 1/4', 2', 4' e 8', ou seja, 31,75mm, 50,8mm, 101,6mm e 203,2mm respetivamente.

A Figura 3.26 apresenta a continuação do caminho percorrido até chegar ao artigo a preencher relativo à tubagem.

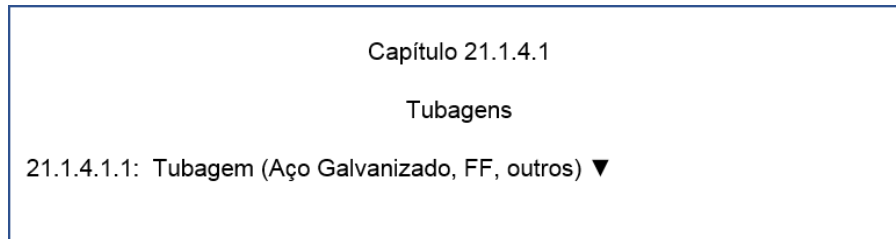


Figura 3.25 - Subcapítulo referente às tubagens

Uma vez definido o caminho detalhado na árvore do articulado, chega-se à descrição genérica do artigo onde é necessário completar a sua descrição com os diferentes parâmetros de pormenorização. A descrição genérica do artigo é apresentada como representado na Figura 3.27.

Fornecimento e assentamento de tubagem de \$1 \$2, \$3 \$4 \$5 \$6 \$7 \$8 \$9 e respetivos acessórios; \$10 \$11 \$12, execução das ligações por \$13, de acordo com os desenhos de pormenor e o caderno de encargos, com (os) diâmetro(s):

Figura 3.26 - Artigo com \$ por preencher

Os \$'s presentes na descrição genérica do artigo terão agora de ser preenchidos pelo utilizador. A cada \$ corresponde uma característica que é necessário definir de acordo com o trabalho de construção presente no caso de estudo. As hipóteses de preenchimento destes valores são apresentadas na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 - Campos dos \$'s do artigo de tubagens do ProNIC

\$	Opção a preencher	Características
\$1	Material	Aço Galvanizado FF Outros
\$2	Tipo de Tubagem	De pontas lisas Aborcadamento e ponta lisa Flangeada com flange soldada ou roscada N/A Não aplicável Campo a preencher
\$3	Norma	EN 10255 EN 545 Outros
\$4	Série	H N N/A
\$5	Tipo	L L1 L2 N/A
\$6	Processo de Fabrico	S W N/A
\$7	Espessura nominal [mm]	N/A Outros
\$8	Classe de Espessura	N/A Outros
\$9	Revestimento interno	N/A Outros
\$10	Modo de Instalação	Enterrada Embutida Instalada à vista Campo a preencher
\$11	Requisitos de Instalação	Roço Sem considerar a abertura e tapeamento de roços Abraçadeiras Campo a preencher
\$12	Pintura	Pintura N/A Campo por preencher
\$13	Execução das Ligações	Soldadura Colagem Acessórios de compressão Presfitting Acessórios roscados Por aperto Campo a preencher

O artigo pormenorizado nem sempre tem na sua constituição os \$'s na totalidade, como apresentado anteriormente. À medida que o utilizador atribui as características do trabalho de construção, estas podem determinar as opções dos \$'s seguintes a inserir.

Após preencher todos os campos para os \$'s descritos anteriormente, existe ainda em alguns artigos, a necessidade de preencher um sub-artigo. No caso das tubagens de Aço Galvanizado o sub-artigo requerido está apresentado na Tabela 3.2 e diz respeito aos diferentes diâmetros.

Tabela 3.2 - Campo do \$ do sub-artigo do artigo de tubagens do ProNIC

\$	Opção a preencher	Características
\$1	Diâmetro nominal da tubagem [mm]	Campo a preencher

Depois de definidos todos os parâmetros necessários, é apresentada a descrição completa pormenorizada do trabalho de construção correspondente na Figura 3.28. Esta informação vem disponibilizada no Mapa de Trabalhos.


		11223344 Rede de Incêndio C. Colombo		Mapa de Trabalhos	
Código		Designação			Un.
21		INSTALAÇÕES E EQUIPAMENTOS DE ÁGUA			
21.1.4.1.1		Fornecimento e assentamento de tubagem de aço galvanizado do tipo de pontas lisas, processo de fabrico S e respectivos acessórios; instalada à vista , incluindo elementos de fixação [abraçadeiras] , execução das ligações por acessórios roscados , de acordo os desenhos de pormenor e o caderno de encargos, com o(s) diâmetro(s):			
21.1.4.1.1.1 [1]		$\varnothing 50.8 \text{ mm}$			m
21.1.4.1.1.1 [2]		$\varnothing 101.6 \text{ mm}$			m
21.1.4.1.1.1 [3]		$\varnothing 31.75 \text{ mm}$			m
21.1.4.1.1.1 [4]		$\varnothing 203.2 \text{ mm}$			

Figura 3.27 – Exemplo de artigo gerado após preenchimento dos \$'s, incluindo os subartigos

O artigo gerado diz respeito ao trabalho relativo ao elemento construtivo tubagem. Se existirem tubagens com diâmetros diferentes estes são inseridos nos subartigos. Esta inserção é realizada uma a uma, basta apenas editar o artigo gerado e criar tantos subartigos quanto os necessários. Os subartigos representados dizem respeito aos diferentes diâmetros que constituem a rede de incêndio. Desta forma a informação torna-se organizada e de fácil interpretação.

À medida que são criados os artigos que constituem a obra ou especialidade, o ProNIC organiza a informação segundo a escolha do utilizador. A Figura 3.29 mostra o primeiro nível de informação criado.

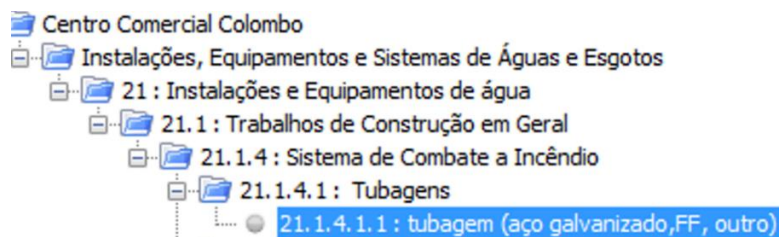


Figura 3.28 - Articulado em WBS

Após a introdução detalhada e de forma correta de toda a informação necessária, são gerados automaticamente os conteúdos técnicos tais como Fichas de Materiais (FMAT) e Fichas de Execução de Trabalhos (FET). A informação escrita nestas fichas foi descrita anteriormente na seção 2.3. O Anexo II e o Anexo III contêm uma ficha de Materiais e o Anexo III um exemplo de uma das fichas obtidas.

3.4.2 Dispositivos

Na Figura 3.30 apresenta o subcapítulo referente aos dispositivos modelados, no caso deste trabalho os *sprinklers*.

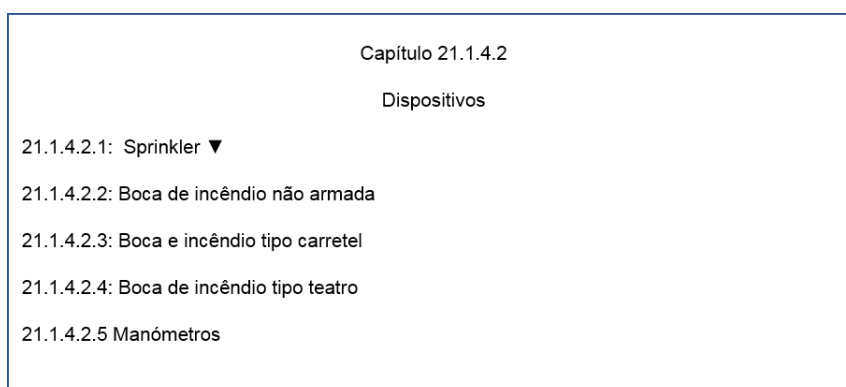


Figura 3.29 - Subcapítulo dos dispositivos

Após esta definição foram definidos os \$ do artigo representado na Figura 3.31.

Fornecimento e montagem de Sprinkler de \$1 modelo \$2, com \$3 \$4 \$5 com diâmetro nominal de \$6 mm, destinado à rede e combate a incêndio constituída por tubagens de \$7, incluindo todos os pertences e trabalhos necessários, de acordo com os desenhos de pormenor e o caderno de encargos.

Figura 3.30 – Artigo com \$'s por preencher

A Tabela 3.3 apresenta as características associadas a cada \$. Mais uma vez, a sequência dos \$ dependeu dos dados associados ao material utilizado para o caso de estudo.

Tabela 3.3 - Características dos *Sprinklers*

\$	Opção a preencher	Características
\$1	Material	Latão Latão cromado Campo a preencher
\$2	Modelo	Convencional Pulverizador Capo a preencher
\$3	Fusível ou abertura	Fusível Abertura fixa
\$4	Tipo de fusível ou outro	Químico Mecânico N/A Campo a preencher
\$5	Temperatura de acionamento [°C]	N/A Campo a preencher
\$6	Diâmetro [mm]	10 15 Campo a preencher
\$7	Material das Tubagens	Aço galvanizado FF Campo a preencher

A Figura 3.32 apresenta o artigo gerado no Mapa de Trabalhos, após os \$ atribuídos consoante as características do elemento.


		11223344 Rede de Incêndio C. Colombo	Mapa de Trabalhos
1122344			
Código	Designação		Un.
21	INSTALAÇÕES E EQUIPAMENTOS DE ÁGUA		Un
21.1.4.2.1	Fornecimento e montagem de sprinkler de latão , modelo convencional , com abertura fixa mecânico com diâmetro nominal de 15 mm, destinado à rede de combate a incêndio, constituída por tubagens de aço galvanizado , incluindo todos os pertences e trabalhos necessários, de acordo com os desenhos de pormenor e o caderno de encargos.		

Figura 3.31 - Artigo gerado após definição dos \$'s pelo utilizador

A Figura 3.33 mostra o desenvolvimento da árvore do ProNIC à medida que foram criados novos artigos.

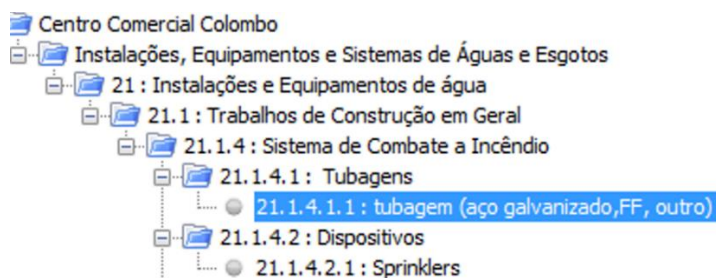


Figura 3.32 - Articulado em WBS

3.4.3 Instalações Complementares

O local do caso de estudo tem duas bombas elétricas, uma bomba diesel e uma bomba *jockey*. Como tal as informações inseridas na plataforma do ProNIC tiveram em consideração as características das bombas que constituem a rede de incêndio do Centro Comercial em estudo.

Na Figura 3.34 está apresentado o subcapítulo referente às válvulas modeladas.

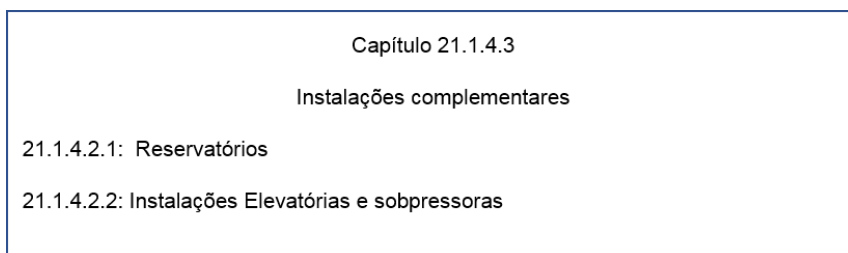


Figura 3.33 - Subcapítulo das Instalações complementares

Após esta definição o utilizador tem de definir, mais uma vez os \$ do artigo representado na Figura 3.35.

Fornecimento e montagem \$1 \$2, com uma capacidade de elevação de \$3 m, para um caudal de vazão de \$4 l/s, incluindo todos os materiais, equipamentos, acessórios e trabalhos necessários de acordo com os desenhos de pormenor e o caderno de encargos.

Figura 3.34 - Campos (\$) a preencher pelo utilizador para gerar artigo

A Tabelas 3.3 apresenta as características associadas a cada \$. Aqui, à semelhança dos artigos anteriores estes campos foram preenchidos segundo os dados do elemento em estudo.

Tabela 3.4 – Características dos Dispositivos

\$	Opção a preencher	Características
\$1	Instalação elevatória e sobrepressora	Central elevatória sobrepressora automática Central elevatória sobrepressora normalizada Central elevatória sobrepressora especial Eletrobomba centrífuga horizontal monocelular normalizada Eletrobomba submersível Central compacta Campo a preencher
\$2	Velocidade	Velocidade variável Velocidade mista N/A Campo a preencher
\$3	Capacidade de elevação [m]	Campo a preencher
\$4	Caudal de vazão [l/s]	Campo a preencher

Após definidos os campos é apresentado, na Figura 3.36 no Mapa de Trabalhos o artigo final deste elemento.


		11223344 Rede de Incêndio C. Colombo		Mapa de Trabalhos
1122344				
Código	Designação			Un.
21	INSTALAÇÕES E EQUIPAMENTOS DE ÁGUA			
21.1.4.3.2 [1]	Fornecimento e montagem de Bomba Elétrica de velocidade variável , com uma capacidade de elevação de 25 m, para um caudal de vazão de 10 l/s, incluindo todos os materiais, equipamentos, acessórios e trabalhos necessários de acordo com os desenhos de pormenor e o caderno de encargos.			Un
21.1.4.3.2 [2]	Fornecimento e montagem de Bomba diesel de velocidade variável , com uma capacidade de elevação de 25 m, para um caudal de vazão de 10 l/s, incluindo todos os materiais, equipamentos, acessórios e trabalhos necessários de acordo com os desenhos de pormenor e o caderno de encargos.			Un
21.1.4.3.2 [3]	Fornecimento e montagem de Bomba jokey de velocidade variável , com uma capacidade de elevação de 25 m, para um caudal de vazão de 10 l/s, incluindo todos os materiais, equipamentos, acessórios e trabalhos necessários de acordo com os desenhos de pormenor e o caderno de encargos.			Un

Figura 3.35 - Artigo gerado após definição dos \$ pelo utilizador

Na figura 3.37 pode-se ver o desenvolvimento da árvore em WBS do artigo 21 do ProNIC.

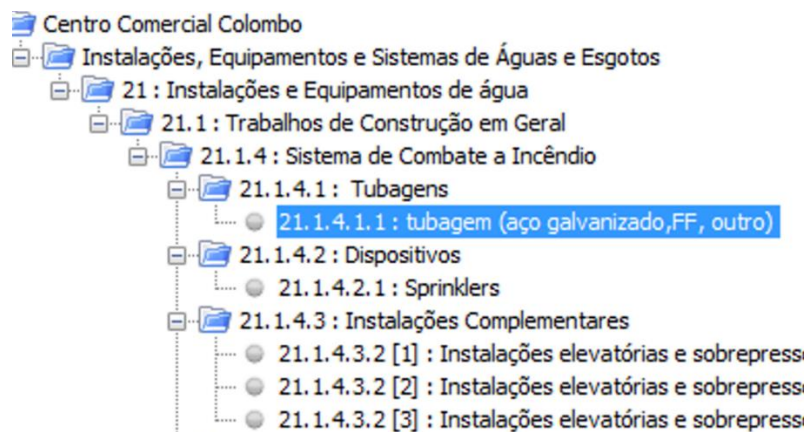


Figura 3.36 - Articulado em WBS referente às Instalações Complementares

3.4.4 Acessórios

Na Figura 3.38 está apreseto o subcapítulo referente às válvulas modeladas. As válvulas modeladas são válvulas de segurança, seccionamento e retenção. A informação sobre as mesmas foi facultada por um técnico da manutenção uma vez que não existia em documentação escrita.

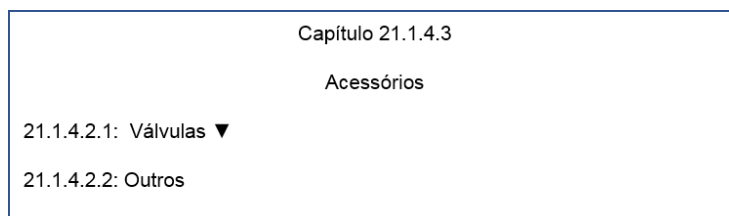


Figura 3.37 - Subcapítulo referente aos acessórios

Após esta definição o utilizador tem de definir os \$ do artigo representado na Figura 3.39.

Fornecimento e montagem de válvula \$1 de \$2 com pressão nominal \$3bar, incluindo todos os pertences e trabalhos necessários, de acordo com os desenhos de pormenor e o caderno de encargos.

Figura 3.38 - Artigo com campos a serem definidos pelo utilizador

A Tabela 3.4 apresenta as características associadas a cada \$. Nesta situação existe um subartigo representado na tabela 3.5, para definir os diâmetros.

Tabela 3.4 - Características dos Acessórios

\$	Opção a preencher	Características
\$1	Tipo de Válvula	Seccionamento Segurança Regulação Retenção Redutora de pressão Boia Aspiração Misturadora termostática Campo a preencher
\$2	Tipo de Material	Latão Latão cromo ado Bronze Aço Inox PVC PP Ferro Fundido Aço ao carbono Campo a preencher
\$3	Pressão Nominal (Bar)	PN 10 PN 16 PN 20 PN 25 Campo a preencher

Tabela 3.5 - Subartigo

\$	Opção a preencher	Características
\$1	Diâmetro [mm]	Campo a preencher

Após definidos os \$'s inserido pelo utilizador e conforme as especificações que se pretende atribuir aos elementos é gerado, de forma automática, o artigo que contempla toda a informação necessária à boa execução dos trabalhos e que permite uma gestão adequada no fornecimento de material. Neste ponto toda a informação gerada contém todas as características atribuídas aos elementos introduzidas pelo utilizador.

O artigo final, após o preenchimento dos \$, apresenta-se de forma completa no Mapa de Quantidades como demonstra a Figura 3.40.


		11223344 Rede de Incêndio C. Colombo	Mapa de Trabalhos
1122344			
Código	Designação	Un.	
21	INSTALAÇÕES E EQUIPAMENTOS DE ÁGUA		
21.1.4.4.1 [1]	Fornecimento e montagem de válvula de seccionamento de ferro fundido com pressão nominal PN25 bar, incluindo todos os pertences e trabalhos necessários, aplicados de acordo com os desenhos de pormenor e o caderno de encargos, com o(s) diâmetro(s):	Un	
21.1.4.4.1.1 [1.1]	Ø 31.75 mm	Un	
21.1.4.4.1.1 [1.2]	Ø 50.8 mm	Un	
21.1.4.4.1.1 [1.3]	Ø 101.6 mm	Un	
21.1.4.4.1.1 [1.4]	Ø 203.2 mm	Un	
21.1.4.4.1 [2]	Fornecimento e montagem de válvula de segurança de ferro fundido com pressão nominal PN25 bar, incluindo todos os pertences e trabalhos necessários, aplicados de acordo com os desenhos de pormenor e o caderno de encargos, com o(s) diâmetro(s):	Un	
21.1.4.4.1.1 [2.4]	Ø 203.2 mm	Un	
21.1.4.4.1 [3]	Fornecimento e montagem de válvula redutora de pressão de ferro fundido com pressão nominal PN20 bar, incluindo todos os pertences e trabalhos necessários, aplicados de acordo com os desenhos de pormenor e o caderno de encargos, com o(s) diâmetro(s):	Un	
21.1.4.4.1.1 [3.2]	Ø 50.8 mm	Un	

Figura 3.39 - Artigo gerado após introdução dos dados pelo utilizador

A Figura 3.41 representa os subcapítulos organizados de forma estruturada da rede de incêndio. No entanto o utilizador pode modificar a informação a qualquer altura caso se pretenda acrescentar, alterar ou eliminar alguma informação.

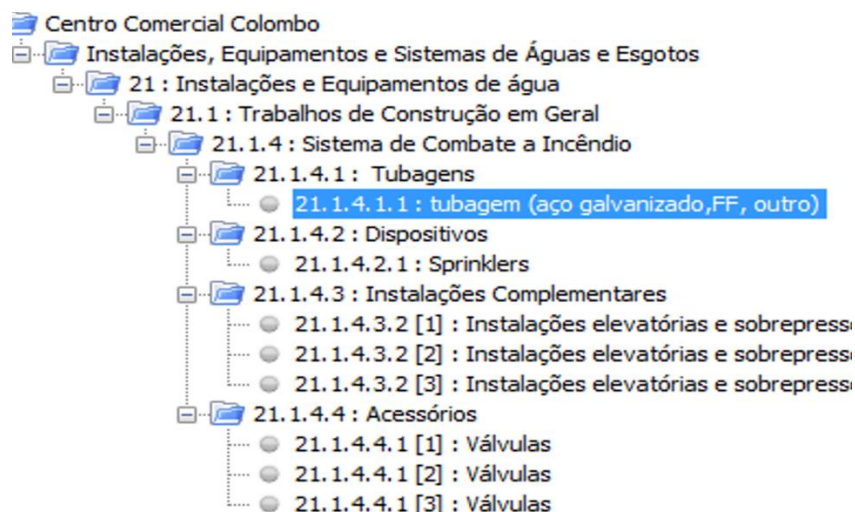


Figura 3.40 - Articulado em WBS

Durante a modelação em ProNIC foram encontradas dificuldades, tais como:

- I. Acesso ao ProNIC, que foi conseguido através do LNEC na qualidade de elemento do consórcio ProNIC;
- II. Utilização da aplicação, que necessitou de ajuda de funcionários do LNEC especializados nesta área;
- III. Necessidade de informação pormenorizada sobre os elementos, não existente na documentação disponibilizada que levou a dúvidas no preenchimento de determinados campos, tendo sido necessário falar com funcionários que disponibilizassem as características necessárias.

No final de ambas as modelações, tanto a informação do modelo BIM como a informação gerada pela plataforma ProNIC foram analisadas, com o objetivo de se desenvolver uma proposta de metodologia, que será apresentada no capítulo seguinte.

Capítulo 4

Proposta de Metodologia de Ligação

4.1 Considerações iniciais

O presente capítulo tem como objetivo desenvolver uma proposta de metodologia para a ligação da aplicação ProNIC com o modelo BIM para que a simbiose entre estas duas tecnologias da informação confirmem vantagens significativas de qualidade para o setor AECO.

Neste capítulo será abordado um formato de Interoperabilidade entre sistemas, nomeadamente o IFC, como forma de dar resposta ao desafio de interoperar diferentes sistemas.

Posteriormente será estruturada uma proposta de metodologia capaz de ligar o ProNIC ao BIM juntamente com uma análise das vantagens que seriam alcançadas caso a ligação fosse possível e bem-sucedida.

4.2 Industry Foundation Classes – IFC

Num ambiente colaborativo como o do processo BIM é importante garantir a existência da interoperabilidade. A transmissão de dados através do *Industry Foundation Classes* (IFC) é a mais completa e a mais adequada a solucionar o problema da ligação entre sistemas diferentes, como é caso, na presente dissertação, da interligação entre o BIM e o ProNIC. Desta forma é importante perceber a definição e o funcionamento deste tipo de formato de dados.

Este, é um formato de armazenamento de dados aberto e independente, definido em norma ISO 16739:2013 "*Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries*" (Azenha *et al.* 2015).

Este modelo surge na década de 90 e teve como objetivo a criação de uma forma única de representação para a construção. O IFC foi uma iniciativa desenvolvida pela *International Alliance for Interoperability* (IAI) mas, a sua verdadeira génese surgiu na década de 80, pelo *ISO-STEP*, um projeto que visava obter um mecanismo capaz de modelar e integrar a informação de produto. O *Standard for Exchange of Product Model Data* (STEP) surgiu em 1984 por parte da *International Standard Organization* (ISO) e permitiu que o IFC tivesse as suas bases num padrão internacional. O objetivo deste projeto era criar um padrão responsável pela representação e trocas de informações de produto quer a nível internacional quer a nível geral (Andrade & Ruschel 2009).

Segundo Haagenrud *et al.*, o termo IFC é utilizado para designar um esquema básico com conteúdo de dados. Este conteúdo de dados é composto segundo um acordo internacional e é aberto e acessível ao público permitindo que exista estruturação e troca de informação entre aplicações informáticas voltadas para a indústria AECO. Para Eastman, este formato é o maior e mais elaborado modelo de dados do edifício desenvolvido para a indústria AECO. Este modelo é composto por entidades capazes de descrever objetos físicos do edifício, elementos de construção, processos, intervenientes, conceitos abstratos, entre outros (Andrade & Ruschel 2009).

Os tipos de entidades definidos são a geometria, a topologia, os elementos do edifício, os equipamentos, as relações entre elementos da construção, os espaços, as estruturas espaciais, os intervenientes, os planos de trabalho, a pesquisa e a recuperação de informações sobre os variados produtos. Algumas entidades do IFC são de domínio específico e outras são genéricas, ou seja, não fazem parte da plataforma. Todas as entidades individuais são baseadas num IFC raiz (*IfcRoot*) e são constituídos por três categorias fundamentais: objetos, propriedades e relações. Os objetos estão associados à geometria e as propriedades são usadas para definir materiais, desempenho, ou propriedades contextuais, como ventos, dados geológicos ou de clima, etc. As relações existentes são entre objetos e entre objetos e propriedades. Elas são definidas de acordo com classificações abstratas como: específicas, decompostas, associadas, definidas e conectadas (Andrade & Ruschel 2009).

Relativamente às definições do IFC existem duas entidades que foram projetadas especificamente para aumentar a flexibilidade e a extensibilidade deste. Estas são definidas como (Andrade & Ruschel 2009):

- I. *ProxyObjects* que permitem criar novas entidades que não tenham sido definidas nos modelos IFC. Estas entidades podem ser definidas como uma representação geométrica colocada no espaço, podem ter um significado semântico, isto é, serem definidas por atributos de nome, apresentarem definições de propriedades e podem ser usadas para criar entidades específicas de uma localidade, como, por exemplo, peitoris ventilados.
- II. *PropertySets* têm a capacidade de acrescentar propriedades a uma entidade podendo ser variáveis, como códigos de edificação ou classificações. Mesmo uma entidade que tenha uma propriedade universal e cara, como uma parede, pode exigir a definição de uma série de outras propriedades que atendam as necessidades de empresas ou de uma localidade.

A arquitetura do IFC foi desenvolvida com base num conjunto de princípios de organização e estruturas. Estes princípios, de acordo com Haagenrud *et al* apoiam-se em requisitos básicos e podem ser resumidos como (Andrade & Ruschel 2009):

- I. Prover uma estrutura modular para um modelo de edifício;
- II. Prover uma estrutura de compartilhamento de informações entre diferentes disciplinas da AECO/FM;
- III. Facilitar a manutenção e desenvolvimento do modelo do edifício;
- IV. Habilitar modeladores de informação a reutilizar componentes de modelos;
- V. Habilitar produtores de *softwares* para reutilização de componentes de *software*;
- VI. Permitir melhorias continuadas nas versões subseqüentes de modelos de edifício.

A arquitetura do IFC é constituída por uma estrutura modular composta por quatro camadas conceituais. Estas representam quatro níveis principais, sendo cada nível constituído por uma série de categorias. É dentro de cada uma destas categorias que as propriedades de uma entidade são definidas. As camadas são: camada de recursos, camada central, camada de interoperabilidade e camada de domínio, como se pode observar na Figura 4.1.

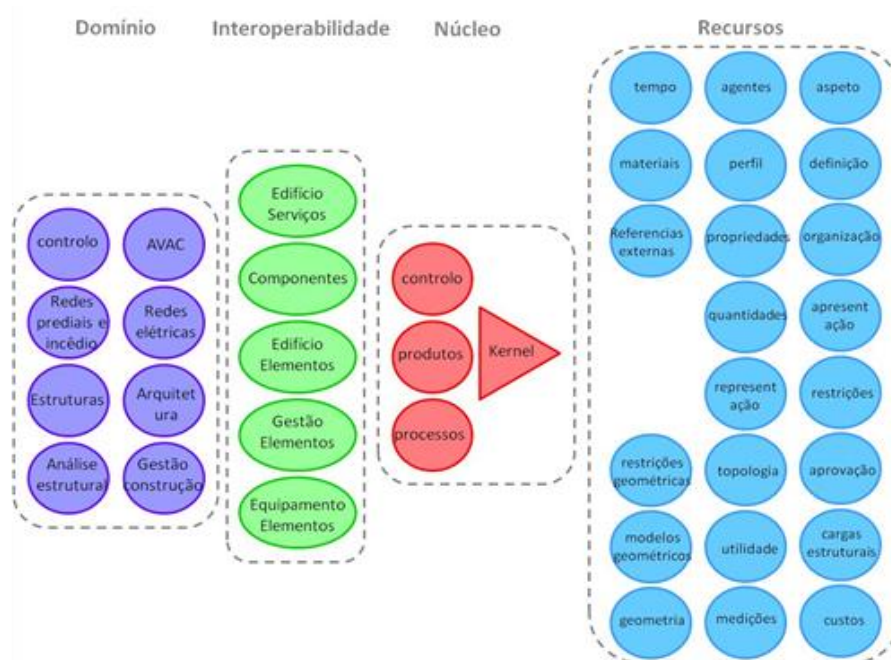


Figura 4.1 - Camadas de domínio IFC 4 (ISO 16739 2013)

- I. **Camada de recursos:** esta camada é considerada a camada base. É composta por entidades utilizadas nos objetos do setor AECO. Dizem respeito à geometria, topologia, materiais, medidas, agentes responsáveis, representação, custos. Como os dados em IFC são extensíveis, as entidades que constituem a base podem ser especializadas e podem ser criadas novas subentidades;
- II. **Camada núcleo:** as entidades desta camada derivam da raiz do IFC e são entidades abstratas referenciadas pelas camadas mais altas da hierarquia. A camada do núcleo é subdividida em quatro subcamadas de extensão: Controlo, Produtos, Processos e Kernel. A subcamada Kernel permite obter a estrutura de base, que representa as relações e os conceitos fundamentais comuns para todas as especializações adicionais em modelos específicos e onde são definidos conceitos fundamentais como grupo, processo, produto ou relacionamentos. A subcamada dos produtos define componentes de construção abstratos, como o espaço, o local, a construção ou o elemento. A subcamada dos processos é responsável pelas ideias sobre o mapeamento de processos numa sequência lógica do planeamento e programação de trabalho e das tarefas necessárias para a sua conclusão. A subcamada de controlo diz respeito aos conceitos relacionados com o controlo do processo.
- III. **Camada elementos compartilhados ou de interoperabilidade:** esta camada compreende as categorias de entidades que representam os elementos físicos de um edifício. É utilizada para compartilhamento de especialidades e de aplicações de manutenção e contém os elementos físicos de um edifício. É a camada onde estão definidas as entidades como vigas, colunas, paredes, portas e outros elementos físicos de um edifício, assim como propriedades para controlo de fluxos, fluidos, propriedades acústicas, entre outras.
- IV. **Camada de domínio:** é a camada de nível mais alto e diz respeito às entidades de disciplinas específicas, como Arquitetura, Estrutura, Instalações, entre outras.

A versão atual é o IFC4 é um padrão extenso e bastante complexo constituído por 126 tipos definidos, 216 tipos de enumeração, 59 tipos para seleções, 776 definições de entidades, 42 funções, 408 conjuntos de propriedades, 91 conjuntos de quantidades e 1691 propriedades individuais (Manzione 2016).

A Figura 4.2 apresenta as diversas versões de IFC existentes ao longo dos anos. Estes vários formatos mostram a dificuldade presente na obtenção de meios eficazes para troca de informação que abranjam todo o conteúdo necessário. A interoperabilidade sob o formato de IFC ainda não alcançou o objetivo final uma vez que a transmissão de dados pode apresentar falhas. Estas falhas devem-se às várias formas que existem para modelar um objeto, por exemplo, um bloco estrutural pode ser modelado tanto por uma representação limitada por quatro planos quanto pela extrusão de uma superfície e um vetor. Cada um desses objetos tem diferentes significados semânticos e, embora apresentem a mesma aparência na visualização

tridimensional, quando colocados num *software* de análise estrutural apresentam resultados diferentes (Coordenar 2013).

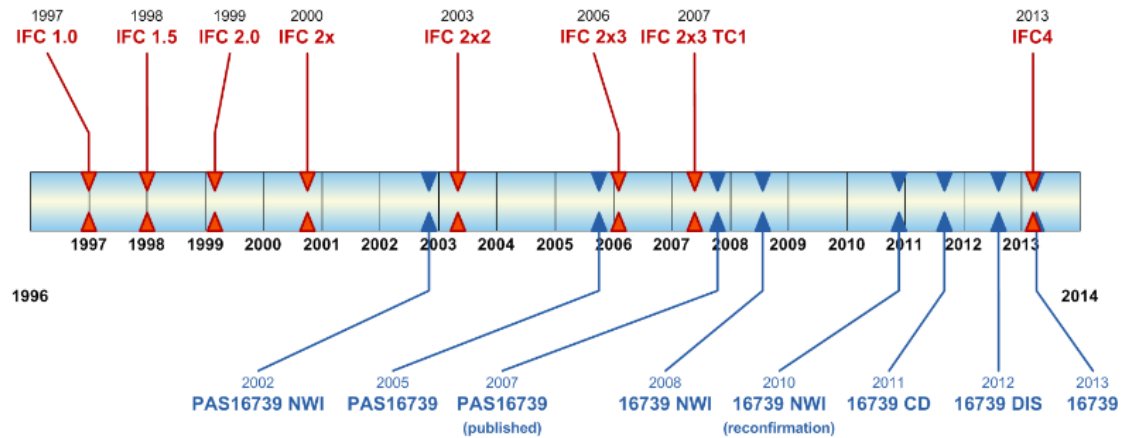


Figura 4.2 - Desenvolvimento do IFC (adaptado de Technical Vision 2016)

O formato IFC permite que sejam criados todos os tipos de relacionamentos. A correta definição dos IFC é um fator determinante para o estabelecimento da interoperabilidade entre sistemas e/ou aplicações.

4.3 Proposta de ligação entre BIM e ProNIC

As tabelas apresentadas nas seções 4.3.1 a 4.3.4 tiveram como base o caso de estudo prático desenvolvido, e foram utilizadas ambas as modelações desenvolvidas. Da modelação em BIM utilizou-se as propriedades e as características de cada objeto e da modelação em ProNIC recorreu-se aos artigos gerados automaticamente.

Em todas as tabelas encontra-se uma descrição. A essa descrição está associada uma correspondência do BIM e uma correspondência do ProNIC. A correspondência BIM diz respeito ao nome que o *software* atribui a cada objeto e a correspondência ProNIC é feita com base nos capítulos e nos \$'s correspondentes ao tipo de descrição.

Estas tabelas pretendem demonstrar onde está disponível a informação no BIM e no ProNIC em simultâneo, permitindo que seja criada, numa fase final, uma metodologia de interligação entre os dois sistemas.

4.3.1 Tubagem – Aço Galvanizado

Tendo sido realizada a modelação no âmbito da rede de incêndios, optou-se por demonstrar um exemplo de uma tubagem de Aço Galvanizado, uma vez que as tubagens modeladas no caso de estudo eram deste material.

Tabela 4.1 - Tubagens de Aço Galvanizado

Descrição	BIM	PRONIC
Tubagem	Objeto “tubagem”	Capítulo 21: Instalações e Equipamentos de Água
		Capítulo 21.1.4.1.1: Tubagem (Aço Galvanizado, FF, outros)
Fase da Obra	Fase: Construção Nova	Capítulo 21.1: Trabalho de Construção em Geral
Tipo de tubagem – Aço Galvanizado	Propriedades da Família	Capítulo 21.1.4.1.1: Tubagem (Aço Galvanizado, FF, outros)
		Capítulo 21.1.4.1.2: Tubagem (Aço Galvanizado, FF, outros)
		Aço Galvanizado
		\$1 – Material
		Ferro Fundido Dúctil
		Outros
Propriedades Mecânicas	Tipo de Sistema	Capítulo 21.1.4: Sistema de Combate a Incêndio
		\$16 – Destino da Tubagem
	Diâmetro	N/A
		\$9 – Espessura nominal
		Não Aplicável
		Outros

Os acessórios das tubagens como os cotovelos, os “T’s”, os “Y’s” entre outros, encontram-se definidos automaticamente e de uma forma abrangente no artigo definido pelo ProNIC.

4.3.2 Dispositivos - *Sprinkler*

Tabela 4.2 - Instalação de *Sprinkler* na Tubagem de Incêndio

Descrição	BIM	PRONIC
Sprinkler	Objeto “Sprinkler”	Capítulo 21: Instalações e Equipamentos de Água
		Capítulo 21.1: Trabalho de Construção em Geral
		Capítulo 21.1.4: Sistema de Combate a Incêndio
		Capítulo 21.1.4.3: Dispositivo
		Capítulo 21.1.4.3.1: Sprinkler
Tipo de Sprinkler	Propriedades da Família	Capítulo 21.1.4.3: Dispositivo
		Capítulo 21.1.4.3.1: Sprinkler
		Fusível Químico
		Fusível Mecânico
		Abertura Fixa
		Outros
		N/A
		\$5 – Temperatura de Acionamento
		Não Aplicável
		Outros
		Convencional
		Pulverizador
		De parede
		Outros

4.3.3 Instalações Complementares – Bomba

Tabela 4.3 - Instalação de Bomba na Tubagem de Incêndio

Descrição	BIM	PRONIC
Bomba de Incêndio	Equipamento Mecânico	Capítulo 21: Instalações e Equipamentos de Água
		Capítulo 21.1: Trabalho de Construção em Geral
		Capítulo 21.1.4: Sistema de Combate a Incêndio
		Capítulo 21.1.4.4: Instalações Complementares
		Capítulo 21.1.4.4.2: Instalações Elevatórias e sobrepressoras
Tipo de Instalação	Propriedades da Família	Capítulo 21.1.4.4: Instalações Complementares
		Capítulo 21.1.4.4.2: Instalações Elevatórias e sobrepressoras
		Eletrobomba centrífuga horizontal monocelular normalizado
		\$1 – Tipo de Instalação
		Eletrobomba submersível
		Central com bombas
		Outro
		Central com bombas
		Central Elevatória e sobrepressora automática
		\$28 – Designação da Central
		Central Elevatória e sobrepressora normalizada
		Central Elevatória e sobrepressora especial
		N/A
		opcional
		2 Bombas
		3 Bombas
		\$9 – Constituição da Central
		Superior a 3 Bombas
		N/A

Tabela 4.4 - Instalação de Bomba na Tubagem de Incêndio (continuação)

Descrição		BIM	PRONIC
Tipo de Bomba	Propriedades da Família	\$18 – Tipo de Bomba	N/A
			Por preencher
			Velocidade fixa
			Velocidade variável
			Por preencher
			Por preencher
		\$20 – Capacidade de Elevação	Por preencher
		\$21 – Caudal de Vazão	Por preencher

4.3.4 Acessórios - Válvulas

Tabela 4.4 - Instalação de Válvula na Tubagem de Incêndio

Descrição	BIM	PRONIC
Válvula	Objeto “válvula”	Capítulo 21: Instalações e Equipamentos de Água
		Capítulo 21.1: Trabalho de Construção em Geral
		Capítulo 21.1.4: Sistema de Combate a Incêndio
		Capítulo 21.1.4.2: Acessórios
		Capítulo 21.1.4.1.2.1: Válvula
		Globo
		Borboleta
		Macho Esférico
		\$5 – Modelo da Válvula
		Cunha
Tipo de acessório - válvula	Propriedades da Família	Esquadria
		Outros
		Latão
		Latão Cromado
		Bronze
		Aço Inox
		\$2 – Material
		PVC
		PP
		Ferro Fundido
		Aço ao Carbono
		Outros

A incorporação do ProNIC em ambiente BIM apresenta uma mais-valia para o setor AECO. Esta incorporação permitirá juntar a informação do caderno de encargos, as fichas de materiais e as fichas de execução de trabalhos geradas pela aplicação ProNIC.

O BIM, apesar de ser uma ferramenta bastante completa, ainda não apresenta na sua constituição a capacidade de gerar estes documentos. Ao aliar estas aplicações permite que o BIM gere um modelo que contenha toda a informação necessária para a execução de um projeto.

Para ser possível definir uma metodologia é necessário estabelecer, em primeiro lugar, objetivos e metas de modelação nas diferentes fases do projeto.

Numa **primeira fase** é importante garantir que cada interveniente envolvido no projeto tenha um papel definido. Para tal é importante definir os requisitos mínimos e máximos de informação que cada fase necessita, para que sejam aproveitados na fase seguinte, sem que haja a necessidade de os redefinir. A definição de objetivos torna-se importante para que não exista o sobre carregamento do modelo, ou seja, para que numa fase inicial não exista informação que só se torna relevante numa fase mais avançada. Deste modo é importante que esteja atribuído a cada fase um nível de desenvolvimento (Ver Figura 2.12).

A **segunda fase** deve ter em conta a legislação nacional em vigor atribuindo responsabilidades aos intervenientes ou quando estas não existem devem ser criadas.

A **terceira fase** diz respeito à incorporação do ProNIC no BIM. A partir daqui, considera-se a utilização do IFC como o tipo de linguagem comum e que esta funciona de forma eficaz não existindo problemas de interoperabilidade.

Para que a metodologia seja executável tem de se perceber a diferença de informação contida em ambas as aplicações. O BIM tem a capacidade de assimilar informação mais simples que faz sentido numa fase inicial de projeto, onde nem tudo se apresenta definido, e à medida que as fases de projeto vão evoluindo a informação não se perde e torna-se mais completa. A informação contida no BIM vai desde a atribuição de características físicas, geométricas, mecânicas, entre outras, que podem ser alteradas a qualquer altura, por sua vez, a informação requerida pelo ProNIC é mais especializada. Este, apresenta um artigo completamente definido apenas quando tem toda a informação necessária para a completa descrição dos trabalhos, informação essa que por vezes só é definida em fases avançadas de projeto. Por exemplo, o diâmetro de uma tubagem de rede de incêndio pode não ser relevante numa fase de estudo prévio. Devido às suas características é necessário que a modelação se inicie no ambiente BIM.

A cada atributo de um objeto BIM é possível associar uma característica do ProNIC e vice-versa.

A Figura 4.3 exemplifica com clareza como a informação é trocada entre as aplicações, onde se torna evidente qual a informação que cada aplicação gera. Este processo colaborativo de modelação recomenda-se que seja executado por um mesmo utilizador, para cada especialidade, por forma a complementar as informações do BIM e do ProNIC e obter um modelo completo com toda a informação necessária.

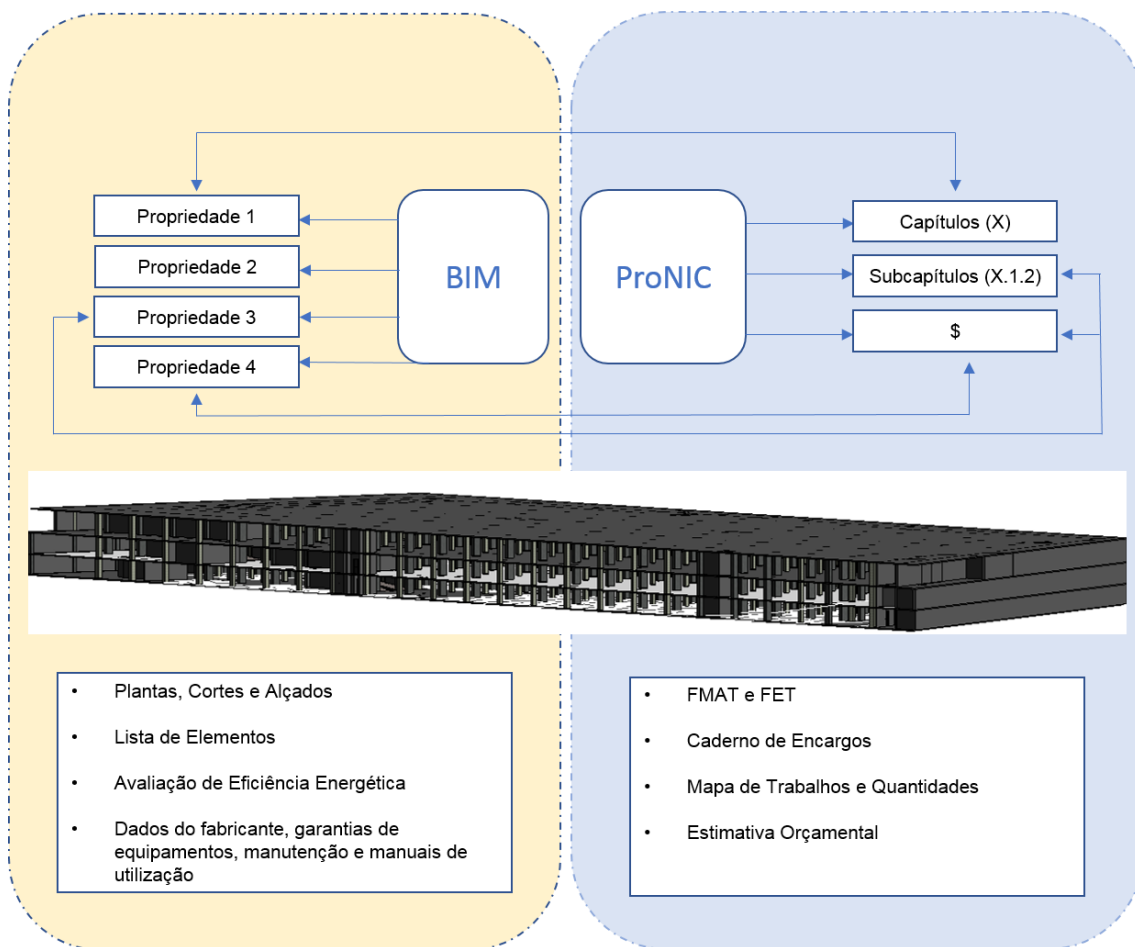


Figura 4.3 - Proposta de Metodologia

A partir do modelo BIM, é possível definir a árvore do ProNIC com os respectivos códigos até chegar ao último \$ que antecede à criação do artigo completo, com todas as informações referentes às fichas técnicas, caderno de encargos e fichas de materiais.

Para as várias propriedades de um objeto BIM é quase sempre possível associa-las com o ProNIC. A propriedade 1 do BIM, que pode designar por exemplo o nome do objeto, pode ser associada a um capítulo do ProNIC, o mesmo acontece para a propriedade 4 que pode estar associada a um \$.

A propriedade 3 tem em simultâneo duas correspondências com o ProNIC, o subcapítulo e o \$. Como a estrutura do BIM é diferente da estrutura do ProNIC é comum que esta situação aconteça com vários objetos, implicando que se tenha em consideração que um objeto BIM pode mais do que uma correspondência no ProNIC e vice-versa.

No entanto, nem todas as propriedades têm de ter garantidamente uma associação, como acontece com a propriedade 2. Embora esta propriedade não tenha uma equivalência direta com o ProNIC é possível associa-la. Para tal, a informação é exportada do BIM como um

parâmetro IFC permitindo que seja possível uma ligação automática ao ProNIC. Desta forma é possível que a informação anteriormente apenas disponível no BIM esteja agora contida no ProNIC e possa ser gerada nos documentos necessários.

No fim deste processo de ligação é possível obter, além do modelo gerado pelo BIM, toda a documentação necessária para a execução de um empreendimento. Esta documentação, que antes era apenas gerada pelo ProNIC de forma independente e com recurso à introdução da informação na sua plataforma, é agora definida com base nos parâmetros atribuídos aos objetos BIM.

O modelo gerado anteriormente teve por base a ligação BIM-ProNIC, contudo a ligação funciona das duas formas. Assim como as informações introduzidas no BIM geram consequências no ProNIC, na ligação ProNIC-BIM as informações introduzidas no ProNIC terão de gerar consequências no *software* BIM automaticamente.

Na Figura 4.4 é apresentado uma ligação entre o ProNIC e o BIM com o exemplo de uma tubagem. O artigo gerado pelo ProNIC tem na sua constituição várias informações relevantes, como o material da tubagem. O *software* BIM tem uma série de propriedades atribuídas a cada objeto, onde se encontra a correspondência com o ProNIC. Mais concretamente no ProNIC, o Capítulo 21.1.4.1.1 diz qual o tipo de material que a tubagem pode ter. No BIM esta característica é definida com a escolha dos objetos. Nesta situação as informações estão contidas nas duas ferramentas, mas caso não aconteça é possível associa-las de forma a atualizar as informações através da ligação BIM-ProNIC e ProNIC-BIM.

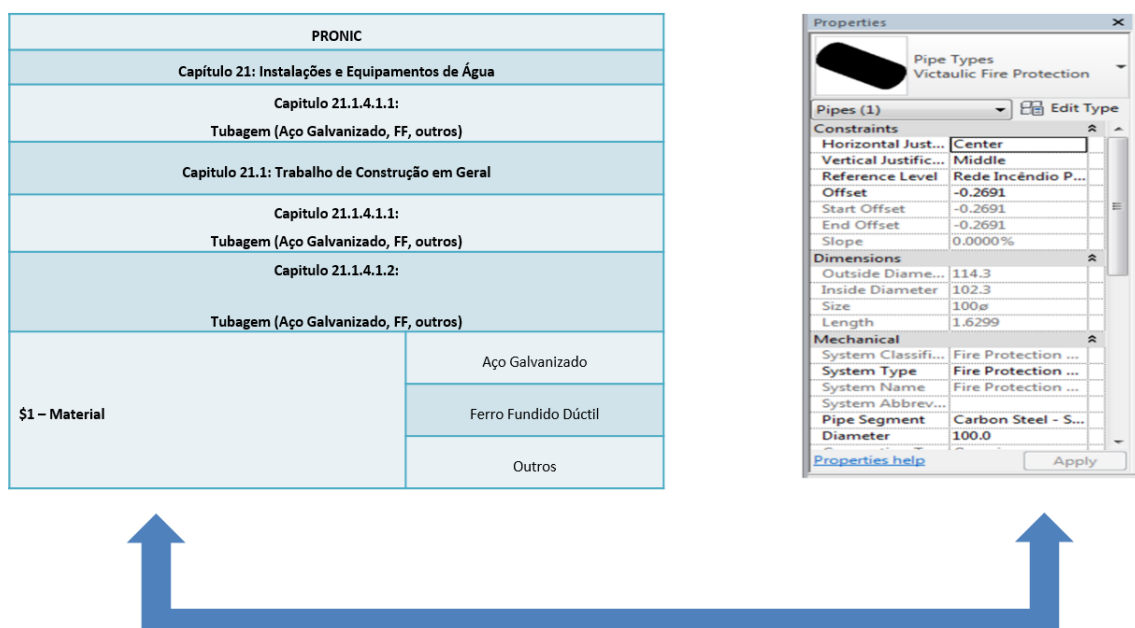


Figura 4.4 - Informação BIM e ProNIC de uma Tubagem

Independentemente da escolha do caminho, o produto final será sempre o modelo tridimensional e os documentos associados. Cabe ao utilizador decidir qual dos caminhos deve percorrer para modificar ou complementar informações, garantido, seja qual for a sua escolha, que a informação seja repercutida nas duas aplicações bem como a fiabilidade ao projeto.

Capítulo 5

Conclusões e desenvolvimentos futuros

5.1 Conclusões

O presente trabalho permitiu, tendo por base a pesquisa bibliográfica efetuada sobre os temas apresentados e através da componente prática de modelação (*software* BIM) e simulação (aplicação ProNIC), desenvolver e propor uma metodologia de interligação entre ambos. Face ao apresentado considera-se que o objetivo inicialmente proposto foi alcançado.

A modelação em BIM apresenta diversas vantagens. A primeira e mais cativante é que o modelo gerado é muito aproximado ao produto real. À medida que as fases do projeto vão evoluindo a informação atribuída a cada objeto vai crescendo com as necessidades requeridas, permitindo que um objeto genérico numa fase inicial seja, numa fase final, igual a um objeto real. A informação é atribuída pelos utilizadores que, dependendo do aspeto que querem dar ao objeto, pode ir do mais genérico ao mais complexo.

A implementação da tecnologia BIM permite que exista um trabalho colaborativo entre todos os intervenientes no processo construtivo em todo ciclo de vida de um empreendimento. O caso de estudo em foco da presente dissertação, permitiu que fosse possível avaliar a capacidade de se realizar um trabalho colaborativo. Para tal foram feitas algumas trocas de informação e alterações podendo assim concluir-se que a informação não se perde e é atualizada automaticamente em tempo real.

A mesma informação foi também sujeita, no decorrer do desenvolvimento do trabalho prático, à troca entre dois *softwares* BIM, um de modelação e outro de gestão de projetos que permitiu concluir uma vez mais que a informação mantém se e quando alterada é atualizada. Desta forma foi possível garantir o enriquecimento do modelo final com informações específicas de cada aplicação uma vez que é possível detetar erros e corrigi-los ainda na fase de projeto.

O desenvolvimento deste trabalho permitiu constatar que a metodologia BIM permite concretizar uma evolução que possibilita que o setor AECO português se torne mais competitivo face ao

verificado em outros países onde esta tecnologia já se encontra implementada. De facto, o BIM, permite que sejam analisados incongruências e problemas que surgiriam sem recurso à sua utilização.

A modelação em ProNIC permitiu concluir que esta aplicação também apresenta vantagens significativas para o setor AECO, uma vez que gera de forma automática e normalizada a documentação técnica de todos os trabalhos e elementos construtivos necessária para um empreendimento. O ProNIC possibilita que a cada elemento BIM corresponda um trabalho de construção e utiliza as normas a ele aplicadas. Estas normas estão direcionadas para o mercado português, o que leva a concluir que a implementação desta aplicação trará vantagens significativas para o setor.

O ProNIC funciona como uma base de dados de trabalhos de construção muito completa que permite que esta aplicação esteja direcionada para qualquer tipo de obra. A complexidade que o constitui permite que seja utilizado como uma biblioteca de conteúdos e normativos técnicos.

Para que seja possível implementar a ligação entre o BIM o ProNIC é necessário que a interoperabilidade adotada tenha um formato aberto em vez de depender duma só aplicação. Com a pesquisa bibliográfica realizada conclui-se que os IFC's são o formato de dados mais adequado para tal ainda que necessitem de um melhoramento quer a nível de desenvolvimento quer a nível de regulamentação.

Este estudo permitiu concluir que existe a possibilidade de interoperar objetos BIM com a aplicação ProNIC, não só na especialidade de instalações prediais como em todas as outras especialidades. Associar o BIM ao ProNIC apresenta vantagens significativas pois assim, é possível complementar a informação de um com a informação do outro, de modo a obter um produto final completo, face às exigências legislativas, além das vantagens que cada um apresenta individualmente. Desta forma, pode-se afirmar que estas ferramentas complementam-se trazendo ganhos e qualidade para o setor da construção.

5.2 Limitações do Estudo

Uma das limitações do presente estudo prende-se com o fato da metodologia proposta ainda não ter tido a possibilidade de ser testada após o seu desenvolvimento. Considera-se que teria sido bastante enriquecedor para o trabalho desenvolvido que a metodologia proposta tivesse tido a possibilidade de ser testada informaticamente, mas tendo em conta a dimensão do caso de estudo e os temas abordados não foi possível avançar neste sentido.

5.3 Desenvolvimentos futuros

Seria uma mais-valia para testar a metodologia no âmbito de outro trabalho, ter-se o algoritmo da metodologia desenvolvida para que as conclusões da interoperabilidade sejam mais

significavas. Apenas foi proposto uma forma de interoperabilidade, o que não impede que existam outras que também ofereçam vantagens para associar estas ferramentas.

Propõem-se como desenvolvimento futuro a realização das restantes especialidades do edifício em estudo e da modelação dos restantes pisos.

Relativamente ao BIM, propõem-se que sejam desenvolvidas mais bibliotecas de livre acesso, com mais elementos, para que os modelos construídos sejam ainda mais reais.

No que diz respeito ao ProNIC seria importante tornar a plataforma acessível, de uma forma gratuita ou paga, a outras entidades, tanto públicas como privadas, de forma a dar a conhecer a aplicação e para que esta possa ser implementada, face às vantagens que apresenta.

Referências

Referências

- Achdaily, 2012. A Brief History of BIM | ArchDaily. Consultado em: <http://www.archdaily.com/302490/a-brief-history-of-bim> [Acedido Junho 27, 2017].
- Adi, 2001. AdI - Agência de Inovação. Consultado em: [http://www.adi.pt/sectores de actividade/projectos/cic-net.htm](http://www.adi.pt/sectores%20de%20actividade/projectos/cic-net.htm) [Acedido Julho 12, 2017]
- Andrade, M.L. & Ruschel, R.C., 2009. Interoperabilidade de aplicativos BIM usados em arquitetura por meio do formato IFC. *Gestão & Tecnologia de Projetos*, 4(2), pp.76–111.
- ArquiteturaeUrbanismo, 2011. As vantagens da plataforma BIM incluem todo o ciclo de vida do edifício, desde os estudos de viabilidade até a demolição. Consultado em: <http://www.au.pini.com.br/arquitetura-urbanismo/208/vale-a-pena-migrar-224372-1.aspx> [Acedido Junho 26, 2017].
- Autodesk, 2010. A história do Revit. Consultado em: <http://datechpt.blogspot.pt/2010/11/autodesk-historia-do-revit.html> [Acedido Junho 27, 2017].
- Autodesk, 2017. O BIM é uma opção para economizar em Infraestrutura | Mundo AEC - Autodesk. Consultado em: <http://blogs.autodesk.com/mundoaec/bim-economia-infra/> [Acedido Junho 22, 2017].
- Aveiro da Mota, C.S., 2015. *Modelo 4D do planeamento da construção apoiado na tecnologia BIM*. Consultado em: <https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/563345090413891/Thesis.pdf> [Acedido Junho 27, 2017].
- Azenha, M., Lino, J.C. & Caires, B., 2015. BIM: Conceitos de ferramenta, plataforma e ambiente.
- Azhar, S., 2011. Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry. *Leadership and Management in Engineering*, 11(3), pp.241–252. [Acedido Outubro 7, 2016].

Barbosa, I., 2012. EDIFÍCIOS VIRTUAIS BIM.

Barison, M.B. & Santos, E.T., 2016. O papel do arquiteto em empreendimentos desenvolvidos com a tecnologia BIM e as habilidades que devem ser ensinadas na universidade. *Gestão & Tecnologia de Projetos*, 11(1), p.103. [Acedido Junho 20, 2017].

BIMExperts, 2017. Níveis de Desenvolvimento(Level of Development) | BimExperts. Consultado em: <http://bimexperts.com.br/bim-e-os-niveis-de-desenvolvimento/> [Acedido a Dezembro 21, 2016].

BIMForum, 2013. Especificações de Níveis de Desenvolvimento. Consultado em: <https://pt.slideshare.net/rogerkrieger355/especificaes-de-nds-bimforumtraduogtbimsc> [Acedido Junho 26, 2017].

BIMThinkSpace, 2005. BIM ThinkSpace. Consultado em: <http://www.bimthinkspace.com/> [Acedido Junho 20, 2017].

BIS-BIM, 2011. A report for the Government Construction Client Group Building Information Modelling (BIM). Consultado em: <http://www.bimtaskgroup.org/wp-content/uploads/2012/03/BIS-BIM-strategy-Report.pdf> [Acedido Junho 28, 2017].

Cadalyst, 2004. *AEC From the Ground Up: The Building Information Mode*, Consultado em: <http://www.cadalyst.com/cad/building-design/aec-from-ground-up-the-building-information-model-2886> [Acedido Outubro 18, 2016].

Campos, R.C., 2014. Aplicação da Metodologia ProNIC a Obras Ferroviárias- Princípios Gerais e Via-férrea.

Cardoso, A., 2012. BIM: O que é? , p.27. Consultado em: https://paginas.fe.up.pt/~projfeup/cd_2012_13/files/REL_12MC08_01.PDF [Acedido Outubro 7, 2016].

Centro de Estudos Sociais da Univ. de Coimbra, 2013. Apresentação. *Anatomia da Crise: Identificar os problemas para construir as alternativas*, pp.3–11.

CentroHabitat, 2011. Plataforma para a Construção Sustentável. ProNIC: Elementos de Informação: Conteúdos, Estrutura, Perfis e Utilizadores e Funcionalidades. In: Seminário Sistemas de Informação para a Construção. Universidade de Aveiro, Aveiro. Consultado em: http://www.centrohabitat.net/sites/default/files/eventos-pdf/pedro_meda_instituto_da_construcao_feup_140911.pdf [Acedido Junho 24, 2017].

Clemente, J. & Cachadinha, N., 2012. BUILDING INFORMATION MODELING COMO FERRAMENTA DE VISUALIZAÇÃO DE REALIDADE AUMENTADA EM OBRAS DE REABILITAÇÃO – UM CASO DE ESTUDO. Em pp. 1–13. Consultado em: <http://www.fct.unl.pt> [Acedido Outubro 7, 2016].

Consórcio ProNIC, 2015. Memorando Pronic. , pp.1–11.

- Construção, 2011. Como o BIM impacta cada agente do setor da construção. Consultado em: file:///C:/Users/Joana/Desktop/Dissertação/Como o BIM impacta cada agente do setor da construção _ Construção Mercado.html.
- Construmaneger, 2016. Gestão de projetos e BIM_ aplicações atuais e perspectivas futuras.
- Coordenar, 2013. Adoção do BIM nos países desenvolvidos - CoordenarCoordenar. Consultado em: <http://www.coordenar.com.br/adocao-do-bim-nos-paises-desenvolvidos/> [Acedido Junho 21, 2017].
- Correia Ribeiro, D., 2012. *AVALIAÇÃO DA APLICABILIDADE DO IPD EM PORTUGAL*. Consultado em: https://paginas.fe.up.pt/~gequaltec/w/images/Tese_DavidRibeiro.pdf [Acedido Junho 27, 2017].
- Cortês de Sousa, H.D., 2013. Modelação em BIM de armaduras de betão armado de um edifício: Análise da sua contribuição para processos de medição e orçamentação mais eficientes.
- Corvacho, H., 2002. O Projecto CIC-NET: Rede de cooperação estratégica entre empresas do processo de construção. *Engenharia Civil*, (N.º 13), p.p.19-34. Consultado em: <http://www.inesctec.pt/cese/projetos/projetos-recentes/rede-de-cooperacao-estrategica-entre-empresas-do-processo-de-construcao.html> [Acedida Anril 2, 2016].
- Costa, A.A., 2016. Building Information Modelling Como Driver da Digitalização da Construção. In: Ciclo De Conferências IMPIC - 1ª Conferência: PRONIC. , pp.107–143. Consultado em: <https://www.coursehero.com/file/p64t83j/abril-2016-38-PRONIC-PARQUE-ESCOLAR-ABORDAGEM-A-IMPLEMENTAÇÃO-Formação-como/> [Acedido Junho 26, 2017].
- Couto, P., 2011. Contribuição do ProNIC para o Observatório das Obras Públicas. *2º Fórum Internacional de Gestão da Construção - GESCON 2011*, p.p.1-11.
- CT197-BIM, 2016. Matriz de Definição BIM PT. Subcomissão para Modelação e Objetos BIM. Consultado em: <https://drive.google.com/drive/folders/0B1hdnRcRR5YHQ3FzSUVLaGxHSkk> [Acedido Junho 20, 2017].
- Cunha, M.F.M.J. Da, 2012. *Sistemas De Informação Na Construção Desenvolvimento De Metodologias Do Processo De Gestão De Obra*.
- Decreto-Lei n.º 18/2008, de janeiro. Ministério Público.
- Eadie, R., 2013. BIM implementation throughout the UK construction project lifecycle: An analysis. *Automation in Construction*, 36, pp.145–151. Consultado em: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0926580513001507> [Acedido Junho 20, 2017].
- Eastman, C. et al., 1974. An Outline of the Building Description System. , pp.1–23. Consultado em: <http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED113833.pdf> [Acedido Outubro 7, 2016].

- EngenhariaCivilDiária, 2015. Vantagens e Desvantagens do BIM | Engenharia Civil Diária. Consultado em: <https://engenhariacivildiararia.com/2015/02/13/vantagens-e-desvantagens-do-bim/> [Acedido Junho 20, 2017].
- Engenhariaeetc, 2015. BIM: entendendo a curva de MacLeamy e como funciona basicamente o fluxo de trabalho em BIM – engenhariaeetc. Consultado em: <https://engenhariaeetc.wordpress.com/2015/09/21/bim-entendendo-a-curva-de-macleamy-e-como-funciona-basicamente-o-fluxo-de-trabalho-em-bim/> [Acedido março 2, 2017].
- Faisaluddin, M., 2015. BIM - Building Information Modelling. Consultado em: <https://www.slideshare.net/nemusyed/bim-building-information-modelling-46276874> [Acedido Junho 26, 2017].
- FEPICOP, 2016. Conjuntura da Construção - Principais Indicadores. , pp.2–3.
- FEUP, 2008. ProNIC : Gequaltec. Consultado em: <https://paginas.fe.up.pt/~gequaltec/index.php?/projectos/01/> [Acedido a Janeiro 12, 2017].
- Flores, P. & Escola, J., 2009. O papel das novas tecnologias na construção da cidadania: a plataforma Moodle no 1º ciclo do Ensino Básico. *Observatorio (OBS*) Journal*, 8, pp.77–96. Consultado em: <http://obs.obercom.pt/index.php/obs/article/viewFile/134/233> [Acedido Junho 27, 2017].
- Giollo, R.B., 2016. INTEROPERABILIDADE ENTRE MODELOS BIM E APLICAÇÃO PRONIC : Reabilitação de um edifício público INTEROPERABILIDADE ENTRE MODELOS BIM E APLICAÇÃO PRONIC : Reabilitação de um edifício público.
- Gomes Batista, A.R.R.T., 2015. UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS BIM NO PLANEAMENTO DE TRABALHOS DE CONSTRUÇÃO – ESTUDO DE CASO.
- Gonçalves, I.F.V., 2014. Aplicação do bim ao projeto de estruturas. Consultado em: http://repositorio.ipvc.pt/bitstream/123456789/1308/1/Ismael_Goncalves.pdf.
- Green Architecture, 2010. Benefits of Using Revit to Improve Building Performance. Consultado em: <http://indianarch.blogspot.pt/2010/04/benefits-of-using-revit-to-improve.html> [Acedido Junho 26, 2017].
- Henriques, A., 2012. *Integração do ProNIC em ambiente BIM: um modelo para o trabalho em ambiente colaborativo*.
- Hyperhot, 2016. Work Breakdown Structure. Consultado em: http://www.hyperhot.com/pm_wbs.htm [Acedido Maio 2, 2016].
- Ikerd, W. et al., 2013. Level of Development Specification. *Bim Forum*, pp.0–124. Consultado em: <http://bimforum.org/wp-content/uploads/2013/08/2013-LOD-Specification.pdf> [Acedido a Abril 25, 2017].

- IMPIC, 2015. *Consórcio ProNIC*;
- INCI, 2015. *O Sector da Construção em Portugal - 2014*, Consultado em: http://www.impic.pt/impic/assets/misc/relatorios_dados_estatisticos/Rel_Anual_Constr_2014.pdf [Acedido Junho 20, 2017].
- Inesctec, 2016. Notícias & Eventos —. Consultado em: <http://www.inesctec.pt/cese/noticias-eventos/nos-naimprensa/pronic-sistema-de-geracao-e-gestao-de-informacaotecnica-para-cadernos-deencargos/>.
- Inesctec, 2008. ProNIC Sistema de Geração de Informação Técnica para Caderno de Encargos. Consultado em: <https://www.inesctec.pt/cese/noticias-eventos/nos-na-imprensa/pronic-sistema-de-geracao-e-gestao-de-informacaotecnica-para-cadernos-de-encargos/> [Acedido Junho 24, 2017].
- ISO 16739, 2013. Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries. Consultado em: <https://www.iso.org/standard/51622.html> [Acedido Junho 28, 2017].
- Jorge, D., Feijão, M. & Prego, B., 2012. REGRAS DE MEDIÇÃO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS PROPOSTA DE MODELO A APLICAR EM PORTUGAL PARA ESTRUTURAS METÁLICAS.
- Lino, J.C., 2015. O BIM do Projeto à Obra. Consultado em: <https://mail.google.com/mail/u/0/#search/cláudio+leitão/1550c677b036c226?projector=1> [Acedido Junho 26, 2017].
- MakeBIM, 2017. Ensino do BIM: quais são os pontos-chave? Consultado em: <http://www.makebim.com/2017/03/27/ensino-do-bim-quais-sao-os-pontos-chave/> [Acedido Junho 20, 2017].
- Manziona, L., 2016. O IFC é muito mais que um formato de arquivo. *Coordenar Consultoria de Ação*. Consultado em: <http://www.coordenar.com.br/o-ifc-e-muito-mais-que-um-simples-formato-de-arquivo/> [Acedido Fevereiro 23, 2017].
- Marques Brás, P.C., 2012. Estudo da Evolução do Setor da Construção em Portugal recorrendo à Metodologia Statis.
- Masotti, L.F.C., 2014. ANÁLISE DA IMPLEMENTAÇÃO E DO IMPACTO DO BIM NO BRASIL Acadêmico.
- Máximo Rocha, P.J., 2015. *INSTALAÇÕES DE UM EDIFÍCIO UNIFAMILIAR Abastecimento de águas , águas residuais e pluviais e aspiração central*.
- Mêda, P., Researcher, G. & Sousa, H., 2012. Towards Software Integration in the Construction Industry – Erp and Icis Case Study. , pp.17–19.

- Miller, P., 1996. Interoperability: What Is It and Why Should I Want It? *Ariadne*, (24). Consultado em: <http://www.ariadne.ac.uk/issue24/interoperability> [Acedido Junho 26, 2017].
- Monteiro, A. & Martins, J.P., 2011. Building Information Modeling - Funcionalidades e Aplicação. , pp.1–11.
- Novais, J.N., 2015. Análise da implementação do modelo BIM no projecto de estruturas Mestrado Integrado em Engenharia Civil. Consultado em: [https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/563345090414109/Tese - Joao Novais.pdf](https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/563345090414109/Tese_-_Joao_Novais.pdf) [Acedido Junho 20, 2017].
- Otero, R., 2014. Otimização do planeamento dos trabalhos MEP com recurso a modelos BIM.
- Portaria 701-H/2008, de 29 de julho. Diário da República n.º 145/2008, Série I
- Pimenta, L., 2015. Coordenação das MEP na implementação de modelos BIM.
- Pimentel Antunes, J.M., 2013. *Interoperacionalidade em Sistemas de Informação*. Consultado em: [http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/30766/1/Tese_João Manuel Pimentel Antunes_2013.pdf](http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/30766/1/Tese_João_Manuel_Pimentel_Antunes_2013.pdf) [Acedido Junho 26, 2017].
- Poças Marins, J.P. da S., 2009. Modelação do Fluxo de Informação no Processo de Construção - Aplicação ao Licenciamento Automático de Projectos. Consultado em: <https://paginas.fe.up.pt/~jppm/docs/Tese.pdf> [Acedido Junho 27, 2017].
- Romão, T.G., 2015. Evolução do Sector da Construção em Portugal.
- Sá, J.P.M. de, 2014. Modelação de Estruturas em BIM – Aplicação à Extração Automática de Quantidades.
- Saepro, 2017. Breve histórico do BIM - SAEPRO. Consultado em: <http://www.ufrgs.br/saepro/saepro-2/conheca-o-projeto/breve-historico-do-bim/>.
- Saepro, 2015. Diferenças entre o CAD tradicional e o conceito BIM. Consultado em: <https://www.ufrgs.br/saepro/saepro-2/conheca-o-projeto/diferencas-entre-o-cad-tradicional-e-o-conceito-bim/> [Acedido Junho 22, 2017].
- Salvado, F. et al., 2016. Standardization of BIM Objects: Development of a Proposal for Portugal. *Open Journal of Civil Engineering*, 6(6), pp.469–474. Consultado em: <http://www.scirp.org/journal/ojce%5Cnhttp://dx.doi.org/10.4236/ojce.2016.63039%5Cnhttp://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.
- Santos, A. de P.L., Antunes, C.E. & Balbinot, G.B., 2014. LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVOS DE OBRAS: COMPARAÇÃO ENTRE O MÉTODO TRADICIONAL E EXPERIMENTOS EM TECNOLOGIA BIM. *Iberoamerican Journal of Industrial Engineering*, 6(12), pp.134–155. Consultado em: http://incubadora.periodicos.ufsc.br/index.php/IJIE/article/viewFile/2525/pdf_64 [Acedido

- Junho 25, 2017].
- Santos da Silva, D., 2015. *Preparação de obra apoiada no modelo BIM*. Consultado em: [https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/563345090413871/Preparacao de obra apoiada no modelo BIM - Estudo de caso pratico aplicado a uma central de valorizacao energetica de residuos solidos.pdf](https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/563345090413871/Preparacao%20de%20obra%20apoiada%20no%20modelo%20BIM%20-%20Estudo%20de%20caso%20pratico%20aplicado%20a%20uma%20central%20de%20valorizacao%20energetica%20de%20residuos%20solidos.pdf) [Acedido Junho 26, 2017].
- Silva, J., 2013. Princípios para o Desenvolvimento de Projeto com Recurso a Ferramentas BIM.
- Silveira Azevedo, V., 2015. *Análise do modelo BIM numa perspetiva do projeto de estruturas*. Consultado em: [https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/281870113702460/Analise do modelo BIM numa perspetiva do projeto de estruturas.pdf](https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/281870113702460/Analise%20do%20modelo%20BIM%20numa%20perspetiva%20do%20projeto%20de%20estruturas.pdf) [Acedido Junho 26, 2017].
- Simões, D.G., 2013. *Manutenção de edifícios apoiada no modelo BIM*. Consultado em: [https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395145922989/Versão Final Tese-Corrigida.pdf](https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395145922989/Versão%20Final%20Tese-Corrigida.pdf) [Acedido Junho 26, 2017].
- SonaeSierra, 2017. Centro Comercial Colombo - Sobre nós. Consultado em: <https://www.colombo.pt/sobre-nos/> [Acedido Junho 27, 2017].
- SóRevit, 2013. O que significa BIM para engenheiros civis? Consultado em: <http://sorevit.com/o-que-significa-bim-para-engenheiros-civis/> [Acedido Junho 26, 2017].
- Sousa, H., Poças Martins, J. & Monteiro, A., 2011. SIGABIM. Consultado em: <https://paginas.fe.up.pt/~gequaltec/w/index.php?title=SIGABIM> [Acedido Junho 26, 2017].
- Taborda, P.J.S., 2012. O BIM como plataforma para concursos públicos: contribuição para uma metodologia de implementação. Consultado em: <http://hdl.handle.net/10362/9340>.
- Tarrafa, D.G.P., 2012. Aplicabilidade prática do conceito BIM em projeto de estruturas.
- Technical Vision, 2016. buildingSMART. Consultado em: <http://buildingsmart.org/standards/technical-vision/> [Acedido Junho 26, 2017].
- TeklaCampus, 2015. Overview of BIM in the UK | Tekla Campus. Consultado em: <https://campus.tekla.com/overview-bim-uk> [Acedido Junho 20, 2017].
- Ukoln, 2004. Interoperability Focus: Looking at Interoperability. Consultado em: <http://www.ukoln.ac.uk/interop-focus/about/leaflet.html> [Acedido Junho 26, 2017].
- Venâncio, M., 2015. *AVALIAÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO DE BIM – BUILDING INFORMATION MODELING EM PORTUGAL*.
- WikiGequaltec, 2011. Sistemas de Informação para a Construção:BIM - WIQI GEQUALTEC. Consultado em: https://paginas.fe.up.pt/~gequaltec/w/index.php?title=Sistemas_de_Informação_para_a_Construção:BIM [Acedido Junho 26, 2017].
- WIQI GEQUALTEC, 2016. BIM. Consultado em:

<https://paginas.fe.up.pt/~gequaltec/w/index.php?title=BIM>.

Anexos

Anexo I

Comunicação ao 7th International Conference on Mechanics and Materials in Design

Recent Topics on Mechanics and Materials in Design

PAPER REF: (to be assigned by the editors)

INTEROPERABILITY BETWEEN BIM OBJECTS AND THE PRONIC APPLICATION IN THE SPECIALTY OF BUILDING FACILITIES THE PORTUGUESE REALITY

Joana Lopes^{1(*)}, Maria João Silva Falcão², Paula Couto², Fernando F. S. Pinho³

¹ MSc, Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT) – Universidade Nova de Lisboa (UNL), Caparica, Portugal

² PhD in Civil Engineering, Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), DEDNEG, Lisbon, Portugal

³ PhD in Civil Engineering, CERIS, FCT, Universidade Nova de Lisboa, Caparica, Portugal

^(*) Email: jf.lopes@campus.fct.pt

ABSTRACT

This paper is based on the master's dissertation of the first author, developed under the existing protocol between LNEC and FCT-UNL whose subject is "Structuring Interoperability between BIM objects and the application of ProNIC in the specialty of installations" and aims to develop a methodology for linking Building Information Modeling (BIM) with a Portuguese application, Protocolo para a Normalização da Informação Técnica da Construção (ProNIC) (Consórcio ProNIC, 2015) application in the specialty of building installations without exploiting the computing component of the connection, only based on the semantic link. This methodology will be applied to a case study that concerns an underground building located in Portugal and aims to contribute to a project that is being developed.

Keywords: BIM, ProNIC, Interoperability, IFC, commercial building

INTRODUCTION

Over the last decades, the construction sector did not follow the technological evolution observed in other sectors. Although there have been technological innovations, which include BIM and ProNIC, they are not implemented resulting in a lack of quality in the sector (Monteiro & Martins, 2011).

The BIM methodologies allow to work with specific objects adapting them to the space and the surroundings, through the modeling and parametric relations. Its functionality, which goes beyond the spatial 3D, helps to minimize problems with costs, deadlines and information exchanges. BIM is already being implemented in several European Union countries, particularly in those that are investing more in technology. In other countries throughout the world its implementation has contributed significantly to the success of projects and construction works. In Portugal, although the evolution is notorious, there is still a path that must be taken so that this sector of the economy can also play an important role in the European Union (Gonçalves, 2014).

ProNIC is a computing platform that has in its constitution a system with the capacity to describe all the construction works with all the specifications, technical and standardized information regarding the legislation. This system also allows for the immediate creation of bill of quantities, a map of detailed measurements and budgets as well as a specification of all the works that are the object of study (Henriques, 2012).

RESULTS AND CONCLUSIONS

The work developed aims to analyze the potential of the interconnection between the BIM methodologies and the standardization software ProNIC, applying it to a case study about a commercial building. This connection will be made through Industry Foundation Classes (IFC), which allow a transaction of standardized information, allowing the data to be exchanged between information systems, with the least possible loss of information.

This symbiosis leads to gains in both new and rehabilitated construction and will allow the information produced to be compiled and organized automatically.

Applied to a parking of an existing commercial building, the present work will be divided into three phases: i) the first one is about modeling in BIM using Revit software; ii) the second, aims to insert the construction work of the previous phase in the ProNIC platform; iii) in the third stage, a linking methodology will be established between BIM and ProNIC which requires a computer link to operationalized it that will not be developed in this communication. This methodology consists in:

- i. Evaluate the information contained in both the software used for BIM modeling and the ProNIC application;
- ii. This evaluation will allow to identify the information that is common and that is not common;
- iii. The common information may have a direct link between BIM and ProNIC and suffices if it is introduced only once in one of them, assuming that there is an effective link;
- iv. Information that is not common should not be introduced in its software or platform and should be used to encompass the entire information and generate all the written and designed information needed to execute a project.

ACKNOWLEDGMENTS

The first author thanks the opportunity given by Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) to develop this work and to Sonae Sierra for the availability to carry out the case study.

REFERENCES

- Consórcio ProNIC. (2015). Memorando Pronic. Resumo Executivo, Não disponível: Não disponível.
- Gonçalves, I. F. do V. (2014). Aplicação do BIM ao projeto de estruturas. Obtido de http://repositorio.ipv.pt/bitstream/123456789/1308/1/Ismael_Goncalves.pdf
- Henriques, A. (2012). Integração do ProNIC em ambiente BIM: um modelo para o trabalho em ambiente colaborativo.
- Monteiro, A., & Martins, J. P. (2011). Building Information Modeling - Funcionalidades e Aplicação.

Anexo II

Ficha de Execução de Trabalhos (FET) - Tubagens

➤ Definição do Trabalho

Fornecimento e assentamento de tubagem de aço galvanizado do tipo abocardamento e ponta lisa, e respetivos acessórios; instalada à vista, incluindo elementos de fixação [abraçadeiras], execução das ligações por acessórios roscados, de acordo os desenhos de pormenor e o caderno de encargos, com o(s) diâmetro(s):

Execução de redes de distribuição de água para combate a incêndios e instalação dos respetivos equipamentos.

O trabalho poderá englobar todas ou parte das seguintes tarefas: fixação, corte, roscagem, dobragem, aperto, atravessamentos, abertura e tapamento de roços.

As redes deverão ser executadas em conformidade com as especificações regulamentares aplicáveis, os requisitos de projeto, bem como as recomendações dos fabricantes dos diferentes tipos de tubagens.

A ligação à rede de abastecimento será definida, por orientação das respetivas Entidades Licenciadoras.

As tubagens, no interior dos edifícios, poderão ser montadas à vista, em caleiras, ductos ou tetos falsos. Quando destinadas à condução da água em zonas exteriores ao edifício, poderão ser instaladas em valas, paredes ou caleiras, devendo ser sempre protegidas de ações mecânicas e isoladas termicamente, quando necessário.

Todos os trabalhos deverão ser efetuados por pessoal especializado, de modo a garantir a sua correta execução.

➤ Materiais

As disposições constantes neste documento referem-se aos elementos constituintes dos sistemas de combate a incêndios: tubagens, acessórios e equipamentos complementares.

Não deverão fazer parte das canalizações materiais que não conservem as suas características quando submetidos a temperaturas iguais ou superiores a 400°C. Deverão ser usados materiais com elevada resistência à corrosão, especialmente nas situações de instalações permanentemente molhadas.

As fichas de materiais complementam as informações constantes deste documento.

Apenas deverão ser utilizados materiais portadores de certificado de ensaio ou de homologação, emitidos por entidade acreditada para o efeito, devendo ser identificadas todas as características relevantes.

➤ **Trabalhos Preparatórios**

Aquando do transporte e armazenamento de tubagens, ou quaisquer outros elementos destinados ao fabrico de redes de distribuição de água, deverão ser tomadas todas as medidas necessárias à sua proteção e acondicionamento.

Deverão ser respeitados todos os requisitos preconizados pelo respetivo fabricante, de modo a assegurar a sua não contaminação, ou deterioração pela deposição no seu interior, ou contacto, com quaisquer produtos contaminantes.

Deverá ser garantido um correto transporte dos materiais, evitando que estes fiquem sujeitos a sobre esforços e garantindo que a respetiva descarga será realizada por meios manuais ou mecânicos.

Cabe à Fiscalização da obra realizar a prévia aprovação dos seguintes materiais e órgãos:

- Tubagem: tipo e características dimensionais;
- Juntas de dilatação: acessórios e técnicas utilizadas;
- Órgãos de dilatação: características técnicas;
- Isolamento térmico: qualidade, espessura e execução;
- Pintura: qualidade do primário e das tintas;
- Bocas-de-incêndio: características técnicas;
- Ligações siamesas: características técnicas e funcionamento;
- Sprinklers: características técnicas e funcionamento;
- Postos de Controlo: características técnicas e funcionamento;
- Equipamentos: características técnicas e funcionamento.

A instalação de redes de tubagens em redes de distribuição de água quente e fria deve ser precedida das verificações e ações preliminares seguintes:

- Nas instalações à vista deve proceder-se à instalação prévia dos elementos de suporte (abraçadeiras);
- Deve proceder-se à remoção de eventuais sujidades que os tubos possam conter;
- Os roços só deverão ser abertos se garantirem pelo menos (à parede ou outro elemento construtivo) uma espessura de 2/3 da espessura inicial;

- No caso de tubagens instaladas em roços devem ficar asseguradas as condições para que as variações dimensionais dos tubos se possam dar livremente;
- No caso de tubagens instaladas em caleiras, e sempre que se verifique a possibilidade de para as mesmas poderem ser encaminhadas águas de lavagem ou outras, deverão estas dispor de sistema de drenagem de modo a evitar o contacto e eventual contaminação da água transportada pelas tubagens aí instaladas.

➤ **Processo/Modo de Execução**

A execução dos sistemas de combate a incêndios deve ser feita de acordo com as especificações do projeto.

Instalação das redes de distribuição

Os troços com trajetórias horizontais deverão possuir inclinação ascendente no sentido de escoamento do fluido, de cerca de 0,5%, de modo a facilitar a saída do ar das tubagens. Sempre que tal não seja possível, deverá equacionar-se a necessidade de instalação de purgas de ar.

A execução dos cortes deverá ser efetuada de forma cuidada de modo a evitar a ovalização dos tubos. Nos casos em que se recorra à utilização de acessórios com anéis de pressão, de forma a evitar a sua deterioração, deverá proceder-se à remoção das rebarbas eventualmente formadas com a operação de corte.

Proteção e revestimentos (isolamento térmico)

As tubagens não devem ficar sujeitas a significativos gradientes térmicos, neste sentido, deverão tomar-se todas as precauções necessárias para evitar o risco de congelamento ou da sua sujeição a fontes de calor, através da aplicação de isolamento térmico.

Quando forem previstas possíveis condensações ou exposições a temperaturas extremas, a tubagem deverá ser isolada.

O isolamento das tubagens deve ser abrangente, incluindo acessórios de união e zonas de suporte ou amarração.

Os produtos a utilizar no isolamento térmico das tubagens devem ser imputrescíveis, não corrosíveis e resistentes aos microrganismos e à humidade. É ainda necessário ter em conta os aspetos inerentes do comportamento ao fogo e garantir que quando sujeitos a ações extremas, estarão protegidos de modo a evitar a sua degradação ou envelhecimento, de acordo com as indicações do fabricante.

Juntas de dilatação

Quando as tubagens ficam sujeitas a significativos gradientes térmicos, verifica-se a variação das suas dimensões, sendo geralmente acompanhadas da produção de ruídos e da eventual introdução de tensões. Estes efeitos podem ser atenuados, ou evitados, através da inserção de

juntas de dilatação com características adequadas à natureza dos materiais constituintes das tubagens.

Nas situações de tubagens embutidas, e sempre que as duas dimensões lineares o justifiquem, estas deverão ser envolvidas com material que impeça a sua solidarização às argamassas envolventes e dever-se-ão criar zonas destinadas à absorção das dilatações lineares previstas (por exemplo as mudanças de direção das tubagens), as quais deverão ser preenchidas com materiais deformáveis com espessuras que possibilitem a absorção das variações das suas dimensões lineares.

Preferencialmente, e sempre que existam juntas de dilatação nas edificações com direção transversal ao desenvolvimento das tubagens, dever-se-ão instalar nessas zonas juntas de dilatação das tubagens. Os tipos de juntas de dilatação mais vulgarmente utilizados, são constituídas por “braços de dilatação”, “liras” e tipo “telescópio”, devendo este último ser considerado como a solução preferencial. A Figura nº1, ilustra os diferentes tipos de juntas referidos.

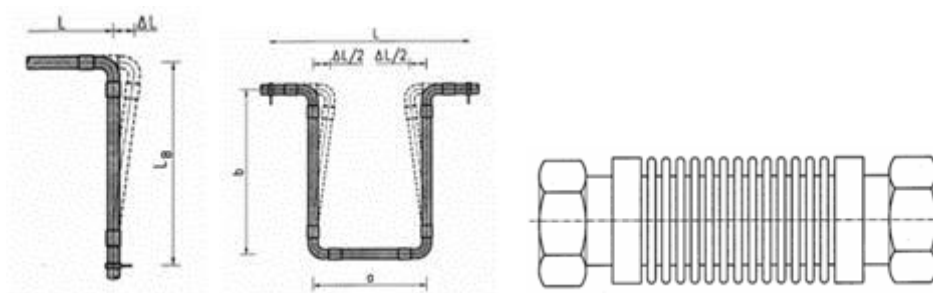


Figura nº1- Tipos de juntas de dilatação

As variações das dimensões lineares provocadas pela dilatação ou contração das tubagens, podem ser determinadas através da expressão:

$$\Delta L = \varepsilon \cdot L \cdot \Delta T$$

Em que:

e- Coeficiente de dilatação linear (m/m.°C);

L- Comprimento do tubo considerado (m);

ΔT - Variação de temperatura (°C).

As dimensões dos troços de tubagem destinados à absorção das variações das dimensões lineares das tubagens poderão ser determinadas através da expressão:

$$L_B = C \sqrt{D \cdot \Delta L}$$

Em que:

L_B - Braço flexível (m);

C - Constante relativa ao tipo de tubagem;

D - Diâmetro exterior da tubagem (m);

ΔL - Variação do comprimento (m).

A Tabela nº3, indica os valores relativos aos coeficientes de dilatação linear " $\varepsilon \times 10^{-5}$ " e do coeficiente " C ", da expressão anterior, para os diferentes tipos de tubagens, os quais deverão ser considerados como orientativos.

Neste sentido, recomenda-se a consulta da documentação técnica dos respetivos fabricantes e a adoção dos valores por estes preconizados.

Características	Tipo de Tubagem		
	Aço	Cobre	FF
(m/m.°C)	1.2	1.7	1.2
Coeficiente "C"	70	74	76

Tabela nº 3 – Características das tubagens

Afastamento entre elementos de suporte ou amarração (abraçadeiras)

Nas situações de não-embutimento, as tubagens deverão ser fixadas através de elementos de suporte ou amarração (abraçadeiras), de modo a assegurar a sua correta fixação e a permitir que se deem livremente eventuais contrações ou dilatações

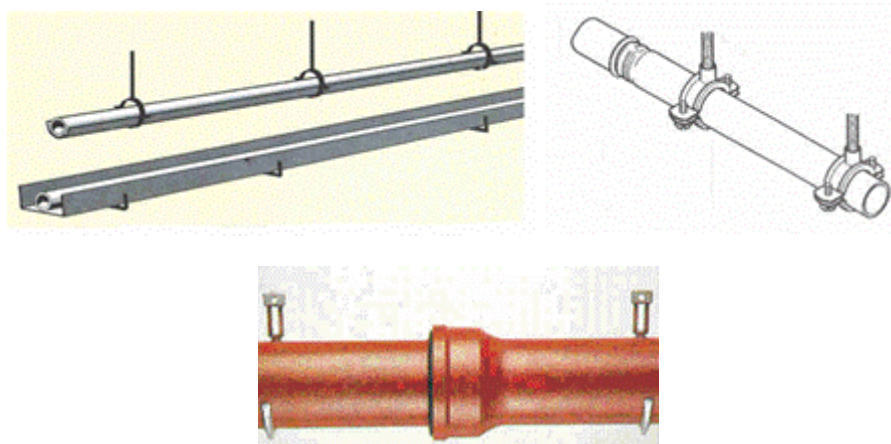


Figura nº2- Tipos de abraçadeiras

As abraçadeiras deverão ser posicionadas, de modo a garantir o correto alinhamento das tubagens e a adequada resistência mecânica, considerando os esforços a que ficam sujeitas.

Para isso, deverão ser utilizadas abraçadeiras de fixação, bem apertadas, colocadas nas cabeças de acoplamento, criando assim um ponto fixo e, abraçadeiras de passagem, normalmente a meio vão, não fortemente apertadas, de modo a permitirem as variações de comprimento dos tubos e garantirem o alinhamento das tubagens.

Deverão ser dotadas de anéis de elastómero ou de outro material com propriedades elásticas e dielétricas, no sentido de impedir a transmissão à edificação de vibrações ou ruídos produzidos nas tubagens, bem como a eclosão de eventuais fenómenos de corrosão.

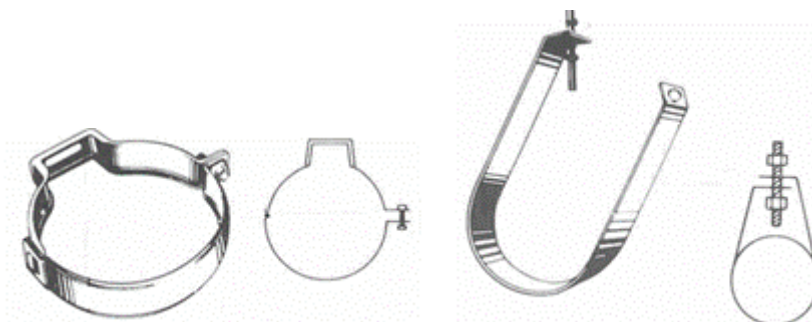


Figura nº3- Alguns tipos de abraçadeiras

O espaçamento máximo entre abraçadeiras poderá ser determinado através da expressão:

$$L = \sqrt[4]{\frac{384 \cdot E \cdot I \cdot f_{\max}}{5P}}$$

Em que:

L - afastamento entre abraçadeiras;

E - módulo de elasticidade;

I - momento de Inércia;

f_{max} - flecha máxima;

P - peso do troço de tubagem (incluindo o da água).

No entanto, recomenda-se a consulta da documentação técnica dos respetivos fabricantes e a adoção dos valores por estes preconizados.

As tubagens, quando não embutidas, deverão ficar instaladas de modo a garantir um afastamento mínimo de 0,05 m entre si e o elemento de suporte (tetos, paredes ou pavimentos, etc.), considerando-se como fazendo parte das tubagens quaisquer isolantes ou revestimentos integrados nestas.

Raios de curvatura das tubagens

Na ligação entre os diversos troços de tubagem e nas mudanças de direção, deverão utilizar-se os métodos de união preconizados pelos respetivos fabricantes.

No entanto, alguns tipos de tubagens, como sejam as de cobre em rolo, as de polietileno reticulado, “multicamadas” e polibutileno, possibilitam que em algumas situações, se possa prescindir de acessórios de união para obtenção das mudanças de direção, através da sua dobragem.

As dobragens deverão ser efetuadas com raios de curvatura amplos, em função dos diâmetros das tubagens, de forma a evitar a redução das suas secções, bem como a eventual introdução de tensões nessas zonas, que poderão ocasionar reduções da sua resistência mecânica.

Para isso, deverá ser garantido que o coeficiente de ovalização da secção, calculado pela expressão abaixo, é limitado ao valor recomendado em função do material em causa.

$$\frac{DM-Dm}{DM}$$

Em que,

DM - diâmetro exterior máximo;

Dm - diâmetro exterior mínimo.

A tubagem com diâmetro exterior não superior a 50mm admite curvas com raios iguais ou superiores a quatro vezes os seu diâmetro exterior.

Recomenda-se a consulta da documentação técnica dos respetivos fabricantes e a adoção dos valores por estes preconizados.

Dispositivos de proteção e de seccionamento dos sistemas

Nos sistemas de combate a incêndio, deverá prever-se a instalação de válvulas de seccionamento sempre que seja previsível a necessidade de corte no abastecimento de água para eventuais operações de manutenção ou reabilitação.

Todos os sistemas ou parte dos sistemas, em que se torne previsível a degradação da água, quer por estagnação, quer por contacto com meios eventualmente contaminantes, deverão ser munidas de dispositivo de proteção a montante, que impeça o retorno da água.

Deverá ser colocada uma válvula facilmente selável e somente manobrável pelas Entidades Licenciadoras, antes de cada contador unitário ou totalizador, quando este é único.

A Figura nº4 ilustra alguns pontos onde se prevê a necessidade de instalação de dispositivos de proteção.

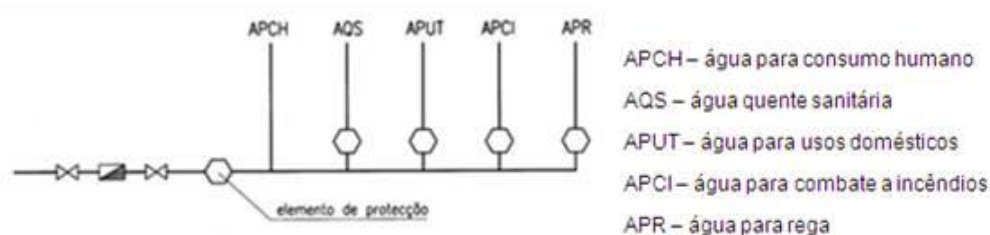


Figura nº4- Localização de válvulas

Atravessamento de elementos de construção

No atravessamento de elementos estruturais ou outros, deverá ficar assegurada a não ligação das tubagens a estes, através da interposição entre ambos de material que assegure tal independência (por exemplo mangas de proteção). O espaçamento e a selagem entre as mangas e as tubagens, deverá ser preenchido com material que não impeça os movimentos destas.

No caso de atravessamentos em que se pretenda evitar, através dos mesmos, a propagação de eventuais incêndios, as juntas deverão ser seladas com materiais que possuam características intumescentes, assegurando uma resistência ao fogo compatível com a do elemento atravessado, no âmbito da regulamentação de segurança contra incêndios aplicável.

Cuidados específicos para sistemas de materiais metálicos

Na instalação de redes de tubagens metálicas deve evitar-se o contacto entre materiais diferentes de forma a minimizar a ocorrência de corrosão bimetálica.

Não deverão ser colocadas tubagens de aço galvanizado a jusante de tubagens de cobre, de forma a evitar a corrosão provocada pelo contacto entre metais de nobrezas diferentes.

No caso das uniões por soldadura, obtidas por soldobrasagem ou por soldadura por arco elétrico com eléctrodo revestido, o material da solda deve ser pelo menos da mesma nobreza do metal das peças a unir. O mesmo é aplicável aos elementos de fixação.

Quando forem realizados processos de soldadura que impliquem a sujeição das tubagens a temperaturas elevadas, caso de aços inox autênticos não-estabilizados, estas deverão ser aquecidas a uma temperatura elevada (cerca de 1100 °C), seguida de um arrefecimento rápido (hipertêmpera), garantindo-se assim deste modo a permanência do aço no estado autêntico, evitando-se assim o surgimento de eventuais fenómenos de corrosão.

Os acessórios e os tubos aplicados devem ter uma resistência à corrosão similar: nos tubos de aço galvanizado devem usar-se acessórios do mesmo material ou com comportamento à corrosão idêntico, nos de cobre devem usar-se acessórios de latão ou bronze.

Deve prevenir-se a existência de zonas no circuito que permitam a retenção de água e a acumulação de partículas em suspensão na água. Neste sentido, deve evitar-se a formação de interstícios nas uniões, usando materiais isolantes e hidrófugos para isolar uniões mecânicas e sempre que adequado utilizar uniões soldadas, devendo as soldaduras ser contínuas, ter superfície regular e preencher totalmente a zona de união. Os troços com trajetórias horizontais deverão possuir inclinação ascendente no sentido do escoamento do fluído, de cerca de 0,5%.

Nas operações de instalação dos tubos e acessórios metálicos deve-se:

- Ter cuidado no manuseamento dos elementos metálicos e não utilizar ferramentas inadequadas, que possam causar danos nos revestimentos protetores;

- Não efetuar a limpeza com produtos corrosivos como seja: ácido muriático e produtos excessivamente abrasivos;
- Não utilizar aplicações de gesso ou cal, ou misturas que contenham estes materiais sobre as tubagens;
- Evitar a permanência prolongada dos tubos em condições de humidade. Se tal não for possível deve aplicar-se um revestimento protetor adequado;
- Não utilizar materiais incompatíveis do ponto de vista da corrosão para a execução das uniões mecânicas;
- Não aquecer os tubos galvanizados para facilitar a sua dobragem. Utilizar uma máquina de dobrar e acessórios adequados;
- Utilizar processos de execução das soldaduras e soldas adequadas, de forma a minimizar a corrosão intersticial e a destruição dos revestimentos protetores;
- Nos tubos de aço galvanizado devem ser sempre usadas uniões roscadas.

Cuidados específicos para sistemas de materiais plásticos

Os materiais plásticos não deverão ficar expostos aos raios solares, em estaleiro não deverá ser permitido o seu armazenamento em locais sem proteção contra os raios ultravioleta.

➤ Controlo e Aceitação

Deve ser tido em conta os requisitos normativos referidos nas respetivas fichas de materiais.

➤ Ensaaios

Depois das tubagens e das válvulas montadas, as redes de águas deverão ser submetidas a ensaios hidráulicos comprovativos da sua resistência e da sua estanquidade.

Ensaio de Estanquidade

A verificação da estanquidade das redes deverá ser feita com toda a rede à vista, retirados todos os dispositivos de utilização e obturadas todas as extremidades.

Nestas condições, o sistema será sujeito a uma pressão interna de água tendo em conta o tipo de instalação:

- Instalação com colunas secas: 2500 kPa;
- Redes de incêndio armadas: 1,5 vezes a pressão máxima de serviço prevista, com um mínimo de 900kPa;
- Instalações com colunas húmidas: 2500 kPa;

- Redes com sprinklers: 1,5 vezes a pressão máxima de serviço prevista, com um mínimo de 900 kPa;
- Não se deverão verificar quaisquer reduções de pressão durante um período de ensaio não inferior a 15 minutos.

➤ **Referências Técnicas e Normativas**

Decreto Regulamentar n.º 23/95, de 23 de Agosto -Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais;

Decreto-Lei n.º 79/2006, de 4 de Abril - Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização dos Edifícios (RSECE);

Portaria n.º 1532/2008, de 29 de Dezembro - Regulamento Técnico de Segurança contra Incêndio em Edifícios (SCIE)

Decreto-Lei n.º 220/2008 - Segurança Contra Incêndio em Edifícios

➤ **CrITÉRIOS de Medição**

Regra geral, a medição das tubagens será realizada em metro (m), incluindo os acessórios dos tubos. As medidas serão determinadas entre os eixos dos equipamentos a ligar.

Alternativamente, os acessórios poderão ser medidos em rubrica própria, sendo a sua medição à unidade (un).

A medição dos roços e/ou elementos de fixação poderá estar incluída na tubagem ou ser medida em rubrica própria.

Regra geral, os equipamentos serão medidos à unidade (un), segundo as características próprias de cada componente ou elemento de construção.

➤ **Riscos Associados**

Materiais dispersos pela obra

- Queda de igual nível;
- Contacto dos membros inferiores com material perfurante;

Montagem de tubagem

- Queda de altura;
- Queda de objetos;
- Tropeçar no andaime;
- Bater com a cabeça na estrutura;

Utilização de máquinas

- Contacto com a corrente elétrica;
- Corte nos membros.

➤ **Outras Disposições**

As tubagens deverão ser identificadas de acordo com o tipo de água transportada, em conformidade com a normalização portuguesa aplicável. Em tubagens que disponham de isolamento térmico, ou quaisquer outros revestimentos, a identificação quanto ao tipo de água transportada, deverá ser posta sobre este.

Após a conclusão da instalação das tubagens, deve fazer-se circular água limpa no interior das tubagens, para que os resíduos das operações de montagem sejam completamente arrastados. Nos ensaios de estanquidade deve ser usada água limpa.

➤ **Manutenção**

Os sistemas de combate a incêndios devem ser concebidos de forma a facilitar as operações de manutenção e/ou conservação.

O projetista/construtor deve fornecer um manual de uso e manutenção dos sistemas, o qual deverá conter para além das recomendações de utilização tendentes à não introdução de deficiências funcionais nos sistemas, as necessidades, periodicidade e modos de realização das necessárias operações de inspeção, manutenção e conservação dos sistemas, de modo a garantir ao longo da sua vida útil os níveis de desempenho funcionais inicialmente previstos. Deverá ainda privilegiar-se a informação sobre as marcas e fornecedores de tubagens e equipamentos.

Anexo III

Ficha de Materiais (FMAT) - Válvulas

➤ Definição do Material

Válvulas de seccionamento, dispositivos destinados a impedir ou estabelecer a passagem de água num determinado sentido do escoamento.

➤ Domínio de Aplicação

Dispositivos a incorporar em redes de água.

➤ Composição

Válvulas de latão.

➤ Características e Propriedades

Características dimensionais

No quadro seguinte indica-se a gama usual de diâmetros nominais a adotar para as válvulas. Outros diâmetros podem ser utilizados noutras situações.

DN	8	10	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200	250
DN (polegadas)	1/4	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	-	-	-	-	-

A pressão nominal de ajustamento (P_{nr}) não deve ser maior que 10 bar, recomendando-se no entanto a pressão de 6 bar. Salvo indicação em contrário do fabricante, as válvulas metálicas adequam-se a ser instaladas em sistemas de água quente e fria. As válvulas de materiais plásticos, salvo em indicação em contrário do fabricante, são adequadas para instalação em sistemas de água fria (no máximo 30°C).

Tipos de válvulas

Quanto ao tipo de válvulas estas podem ser de seccionamento, de segurança, de regulação ou de passagem, de retenção, redutora de pressão, de boia, de aspiração, misturadora termostática, entre outros.

Uniãoes

Quanto ao tipo de uniões estas podem ser roscadas ou flangeadas.

➤ Aplicação

Estes dispositivos devem ser instalados de acordo com as instruções do fabricante.

Em termos regulamentares, reveste-se de carácter obrigatório a instalação de válvulas de seccionamento à entrada dos ramais de distribuição das instalações sanitárias e das cozinhas,

a montante dos autoclismos, de fluxómetros, de equipamentos de lavagem, de equipamentos produtores de água quente e de purgadores, e imediatamente a montante e a jusante dos contadores.

➤ **Referências Técnicas e Normativas**

EN 736-1:1995 Valves – “Terminology - Part 1: Definition of types of valves”.

EN 736-2:1997 Valves – “Terminology - Part 2: Definition of components of valves”.

EN 736-3:1999 Valves – “Terminology - Part 3: Definition of terms”.

EN 736-3:1999/A1:2001 Valves – “Terminology - Part 3: Definition of terms”.

EN 1213:1999 Building valves – “Copper alloy stopvalves for potable water supply in buildings - Tests and requirements”.

EN 1487:2000 Building valves – “Hydraulic safety groups - Tests and requirements”.

EN 1488:2000 Building valves – “Expansion groups - Tests and requirements”.

EN 1489:2000 Building valves – “Pressure safety valves - Tests and requirements”.

EN 1490:2000 Building valves – “Combined temperature and pressure relief valves - Tests and requirements”.

EN 1491:2000 Building valves – “Expansion valves - Tests and requirements”.

EN 1567:1999 Building valves – “Water pressure reducing valves and combination water pressure reducing valves - Requirements and tests”.

EN 1717:2000 – “Protection against pollution of potable water in water installations and general requirements of devices to prevent pollution by backflow”.

EN 12729:2002 – “Devices to prevent pollution by backflow of potable water - Controllable backflow preventer with reduced pressure zone - Family B - Type A”.

EN 13076:2003 – “Devices to prevent pollution by backflow of potable water - Unrestricted air gap-Family A - Type A”.

EN 13077:2003 – “Devices to prevent pollution by backflow of potable water - Air gap with non-circular overflow (unrestricted) - Family A, type B”.

EN 13078:2003 – “Devices to prevent pollution by backflow of potable water - Air gap with submerged feed incorporating air inlet plus overflow - Family A, type C”.

EN 13079:2003 – “Devices to prevent pollution by backflow of potable water - Air gap with injector - Family A - Type D”.

EN 13433:2006 – “Devices to prevent pollution by backflow of potable water - Mechanical disconnect, direct actuated - Family G, type A”.

EN 13434:2006 – “Devices to prevent pollution by backflow of potable water - Mechanical disconnecter, hydraulic actuated - Family G, type B”.

EN 13828:2003 – “Building valves - Manually operated copper alloy and stainless steel ball valves for potable water supply in buildings -Tests and requirements”.

EN 13959:2004 – “Anti-pollution check valves - DN 6 to DN 250 inclusive family E, type A, B, C and D”.

EN 14367:2005 – “Non controllable backflow preventer with different pressure zones - Family C, type A”.

EN 14451:2005 – “Devices to prevent pollution by backflow of potable water - In-line anti-vacuum valves DN 8 to DN 80 - Family D, type A”.

EN 14452:2005 – “Devices to prevent pollution by backflow of potable water - Pipe interrupter with atmospheric vent and moving element DN 10 to DN 20 - Family D, type B”.

EN 14453:2005 – “Devices to prevent pollution by backflow of potable water - Pipe interrupter with permanent atmospheric vent DN 10 to DN 20 - Family D, type C”.

EN 14454:2005 – “Devices to prevent pollution by backflow of potable water - Hose union backflow preventer DN 15 to DN 32 - Family H, type A”.

EN 14455:2005 – “Devices to prevent pollution by backflow of potable water - Pressurised air inlet valves DN 15 to DN 50 - Family L, type A and type B”.

EN 14506:2005 – “Devices to prevent pollution by backflow of potable water - Automatic diverter - Family H, type C”.

EN 14623:2005 – “Devices to prevent pollution by backflow of potable water - Air gaps with minimum circular overflow (verified by test or measurement) - Family A, type G”.

➤ **Marcas de Qualidade e Certificações**

As válvulas devem ter inscrito na sua superfície exterior um conjunto de marcações, feitas de forma legível e durável que devem ser verificadas no ato da receção. A marcação deve incluir, pelo menos, as informações constantes no seguinte quadro.

Marcações	
Nome ou marca do fabricante	v
Diâmetro nominal, DN	v
Pressão nominal, P_{nr}	v
Pressão à saída da válvula, quando aplicável	v
Letra a indicar a família e tipo da válvula	Quando aplicável
Temperatura máxima de serviço em °C	Quando aplicável
Norma aplicável	v
Seta a indicar a direção do fluido, em pelo menos uma face	v
Marcações para as várias posições dos elementos de controlo	v
Resistência à dezincificação	Quando aplicável
Grupo acústico, se classificado como grupo I ou II	Quando aplicável
Informação adicional dada pelo fabricante	v
Modelo de válvula	v

➤ **Processo de Fabrico**

Moldagem, estampagem, fundição, entre outros.

➤ **Embalagem, Armazenamento e Conservação**

A embalagem deve garantir a integridade do produto fornecido, protegendo-o de agressões que possam alterar quer as suas características, quer o seu aspeto. O armazenamento deve ser de modo a preservar as condições de fornecimento até ao momento da sua instalação.

➤ **Riscos e Segurança**

➤ **Ensaaios**

As válvulas devem verificar os ensaios prescritos na normalização aplicável.

➤ **Restrições e condições de não-aplicação**

Adequabilidade às condições de pressão e temperatura.

➤ **Outras Disposições**

Não aplicável.